Aus der Abteilung für Sportmedizin
der Universität Tübingen
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. D. Jeschke

Untersuchungen zur psychophysischen Belastung beim Klettern

INAUGURAL—DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Kals-Universität
Tübingen

vorgelegt von
EUGEN WINTER
aus Sigmaringen

1983

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547613_0015

Aus der Abteilung für Sportmedizin
der Universität Tübingen
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. D. Jeschke

Untersuchungen zur psychophysischen Belastung beim Klettern

INAUGURAL—DISSERTATION
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Kals-Universität
Tübingen

vorgelegt von
EUGEN WINTER
aus Sigmaringen

1983

Dekan:	Professor Dr. D. Plester
1. Berichterstatter:	Professor Dr. D. Jeschke
2. Berichterstatter:	Professor Dr. E. Betz

---

gedruckt bei H.- J. Köhler · Reprografischer Betrieb · Tübingen

Die Untersuchungen wurden durch den Deutschen Alpenverein gefördert.
Herrn Professor Dr. J. Jeschke danke ich für die Unterstützung und Betreuung beim Entstehen dieser Arbeit.

Mein Dank gilt auch Herrn Dr. Beier für seine Beratung sowie allen Probanden, die mit ihrem selbstlosen Einsatz wesentlich zu dieser Arbeit beitrugen.

Meinen Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	Einleitung	1
2.	Material und Methode	2
2.1.	Probanden	2
2.1.1.	Anthropometrische Daten	2
2.1.2.	Zusätzliche physikalische und laborchemische Untersuchungsbefunde	3
2.2.	Spiroergometrische Diagnostik im Labor	5
2.2.1.	Belastungsverfahren	5
2.2.2.	Bestimmungsmethoden von kardiopulmonalen und metabolischen Funktionsgrößen	6
2.3.	Kardiale, pulmonale und metabolische Funktionsgrößen beim Klettern	10
2.3.1.	Belastungsverfahren	10
2.3.2.	Methoden zur Bestimmung von kardiopulmonalen und metabolischen Funktionsgrößen beim Klettern	12
2.4.	Statistik	16
3.	Ergebnisse	18
3.1.	Spiroergometrische Diagnostik im Labor	18
3.1.1.	Maximale Leistungswerte	18
3.1.2.	Aerobe und anaerobe Schwelle	19
3.1.3.	Einteilung in Kollektive	22
3.2.	Ergebnisse beim Klettern	26
3.2.1.	Einteilung in Kollektive	27
3.2.2.	Maximale physiologische Größen beim Klettern	28
3.2.3.	Durchschnittswerte beim Klettern	33
3.2.4.	Kletterphase, in der Maximalwerte erreicht wurden	38
3.3.	Vergleich der Ergebnisse im Labor mit den Ergebnissen beim Klettern	42
3.3.1.	Maximalwerte beim Klettern und im Labor	43

UNIV. LEIDEN

Seite

3.3.2. Mittelwerte beim Klettern und Maximalwerte im Labor 43
3.3.3. Maximal- und Durchschnittswerte beim Klettern im Vergleich mit der aeroben bzw. anaeroben Schwelle 46
3.3.4. Vergleich der Labor-Leistungskollektive mit der Leistung beim Klettern 49
3.3.4.1. Physiologische Größen des Kollektiv 1 beim Klettern 49
3.3.4.2. Physiologische Größen des Kollektiv 2 beim Klettern 51
3.3.4.3. Physiologische Größen des Kollektiv 3 beim Klettern 51
3.3.4.4. Physiologische Größen des Kollektiv 4 beim Klettern 51
3.3.5. Vergleich der bergsteigerischen Erfahrung mit der Leistung im Labor bzw. beim Klettern 55

4. Diskussion 57
4.1. Diskussion der Methoden 59
4.1.1. Labor 59
4.1.2. Klettern 60
4.2. Diskussion der Ergebnisse 62

5. Zusammenfassung 67

6. Verwendete Abkürzungen 69

7. Tabellenanhang 70
7.1. Ergebnisse der Laboruntersuchungen 71
7.2. Ergebnisse der Untersuchungen beim Klettern 76
7.3. Durchschnittswerte beim Klettern 100

8. Literaturverzeichnis 103

1. EINLEITUNG

Da bei zunehmender Zahl von Bergsportlern leider immer mehr schwere Unfälle geschehen (43), muß man die Fragen der Fehleinschätzung sowohl der situativen Gefahren als auch der eigenen körperlichen Leistungsfähigkeit vermehrt diskutieren.
Während die technischen Voraussetzungen wie Ausrüstung, Wetter- und Geländekunde in alpinen Ausbildungsprogrammen eingehend erörtert wurden, existieren bisher über die notwendigen körperlichen Voraussetzungen nur vage Vermutungen.

Die medizinischen Kernprobleme bei der Betrachtung der Sportart "Bergsteigen" liegen in den Fragen nach dem Einfluß von Höhe und Klima auf die Leistungsfähigkeit des Bergsteigers sowie in der Frage nach der Größe der psychophysischen Belastung in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad.
Zahlreichen höhenphysiologischen Untersuchungen (1, 4, 11, 14, 15, 18, 20, 25, 26, 29, 37, 45, 60, 65, 66, 72, 81, 83, 84) stehen bisher nur wenige Untersuchungen gegenüber, welche die körperliche Belastung beim Bergsteigen zum Inhalt hatten (24, 70).
Es war deshalb das Anliegen unserer Arbeit, das Ausmaß dieser körperlichen Belastung an Hand von Untersuchungen unterschiedlich erfahrener und trainierter Bergsteiger beim Klettern in verschiedenen Schwierigkeitsgraden zu analysieren, sowie Relationen zu deren maximaler Leistungsfähigkeit herzustellen. Von der physischen Belastung sollten auch psychische Einflußfaktoren abgegrenzt werden. Dazu wurden an freiwilligen Probanden bei maximaler Ergometerbelastung im Labor und in engem zeitlichen Zusammenhang beim Klettern in verschiedenen Schwierigkeitsgraden pulmonale, kardiale und metabolische Parameter bestimmt.

2. MATERIAL UND METHODE

2.1. Probanden

Für die Untersuchungen stellten sich insgesamt 16 männliche Personen zur Verfügung. Die bergsteigerische Erfahrung der Teilnehmer war unterschiedlich. Nach Anamnese und körperlichen Untersuchungsbefunden ergaben sich zum Zeitpunkt der Analysen bei keinem der Probanden Hinweise auf eine Gesundheitsstörung.

2.1.1. Anthropometrische Daten

Die Probanden waren von 17 bis 51 Jahre alt. Neben Alter sind in Tabelle 1 die Körpergröße und das Gewicht der Probanden aufgeführt.

Tab. 1: Anthropometrische Daten der untersuchten Probanden

	Alter Jahre	Größe cm	Gewicht kg
Proband 1	51	177	74
Proband 2	20	171	68
Proband 3	26	178	75
Proband 4	20	177	72
Proband 5	40	170	74
Proband 6	17	184	79
Proband 7	25	183	73
Proband 8	42	176	96
Proband 9	33	174	72
Proband 10	47	163	61
Proband 11	45	178	77
Proband 12	37	196	107
Proband 13	42	188	82
Proband 14	22	182	74
Proband 15	31	173	57
Proband 16	37	175	66
$\bar{x}$	33,4	177,8	75,4
$s \pm$	10,8	7,7	12,1

2.1.2. Zusätzliche physikalische und laborchemische Untersuchungsbefunde

a) Bei den Blutbilduntersuchungen fanden sich die in Tabelle 2 aufgeführten Werte, die mit Ausnahme von Proband sieben, der eine Anämie aufwies, normale rote Blutbildwerte ergaben.

Tab. 2: Blutbilduntersuchungen

	Hb g / 100 ml	Ery Mio/mm^3	HK %
Proband 1	15,0	4,65	46
Proband 2	17,3	4,80	53
Proband 3	16,0	4,80	51
Proband 4	15,3	4,80	47
Proband 5	15,7	4,51	47
Proband 6	15,6	4,54	51
Proband 7	10,9	3,50	38
Proband 8	16,9	5,12	52
Proband 9	15,4	4,41	46
Proband 10	15,9	4,62	51
Proband 11	15,5	4,79	47
Proband 12	16,6	4,64	49
Proband 13	16,3	4,59	49
Proband 14	16,0	4,20	49
Proband 15	17,0	5,02	51
Proband 16	16,6	4,80	51
$\bar{x}$	15,75	4,61	49,0
s ±	1,45	0,37	3,6

b) Die BSG und Blutserumanalysen hinsichtlich Kreatinin, Harnstoff, Eiweiß, GLDH-Aktivität, gamma-GT und Elektrolyte ergaben normale Werte.

c) Lungenfunktionstest:

Mit dem Lungenfunktionstestgerät "Vitalograph Spirometer" (Fa. VITALOGRAPH Ltd., England) wurden die Vitalkapazität VK und die absolute Sekundenkapazität (Tiffeneau-Test) bestimmt. Außerdem wurden die Normwerte der Vitalkapazität, die Ist-Vitalkapazität als Prozent der Norm und die relative Sekundenkapazität als Prozent der Vitalkapazität bestimmt. Sämtliche Werte (Tab. 3) lagen im Normbereich (12, 30, 36).

Tab. 3: Ergebnisse des Lungenfunktionstest

	VK-Ist 1(BTPS)	VK-Norm 1 (BTPS)	% d.Norm	Tiff. 1 (BTPS)	Tiff.%
Proband 1	5,85	4,64	126,16	4,40	75,21
Proband 2	6,50	4,96	130,92	5,45	83,85
Proband 3	5,78	5,10	111,59	5,30	91,70
Proband 4	5,21	5,25	99,23	4,58	87,91
Proband 5	5,25	4,52	116,12	4,40	83,81
Proband 6	6,62	5,74	115,31	6,06	91,54
Proband 7	6,05	5,44	111,27	4,48	74,05
Proband 8	6,08	4,72	128,82	5,05	83,06
Proband 9	5,25	4,90	107,19	4,41	84,00
Proband 10	4,95	4,00	123,70	3,85	77,78
Proband 11	6,40	4,00	133,24	4,51	70,47
Proband 12	7,48	5,82	128,55	5,24	70,05
Proband 13	6,80	5,34	127,37	5,50	80,88
Proband 14	6,54	5,45	120,02	6,09	93,12
Proband 15	4,40	4,89	89,98	4,30	97,73
Proband 16	5,40	4,68	115,48	4,66	86,30
$\bar{x}$	5,91	4,96	117,80	4,89	83,22
s ±	0,80	0,53	12,04	0,65	8,17

d) Belastungs-EKG

Das bei erschöpfender Belastung kontinuierlich registrierte EKG (Ableitungen I, II, III, V_2, V_4, V_6) zeigte bei keinem der Probanden anormale Befunde.

2.2. Spiroergometrische Diagnostik im Labor

Um kardiale, pulmonale und metabolische Funktionsgrößen der Probanden bei submaximaler und maximaler Belastung im Labor zu bestimmen, wurden Belastungsuntersuchungen auf dem Laufband nach folgendem Verfahren durchgeführt:

2.2.1. Belastungsverfahren

Es wurde eine der motorischen Belastung beim Bergsteigen am ehesten entsprechende Belastungsart auf einem Laufband (Fa. JAEGER, Würzburg) vorgenommen (Abb. 1).

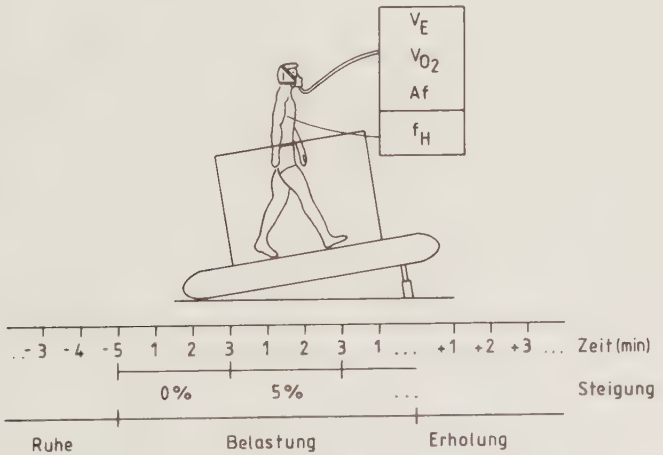

Abb.1: Schema des Belastungverfahrens im Labor

Die Probanden begannen nach einer Ruhephase von fünf Minuten im Sitzen mit einer Geschwindigkeit von acht km/h bei Null-Prozent-Steigung für die Dauer von drei Minuten auf dem Laufband zu gehen. Danach wurde bei gleichbleibender Geschwindigkeit nach jeweils drei Minuten die Steigung um zunächst fünf, dann um jeweils 2,5 % bis zur subjektiven Erschöpfung der Probanden erhöht. Es schloß sich eine Erholungsphase im Sitzen von fünf Minuten an.

2.2.2. Bestimmungsmethoden von kardiopulmonalen und metabolischen Funktionsgrößen

Mit Hilfe des rechnergestützten Meßplatzes "Ergo-Pneumotest" (Fa. JAEGER, Würzburg) wurden die Parameter Herzfrequenz, Atemminutenvolumen, Sauerstoffaufnahme und Atemfrequenz der Probanden kontinuierlich gemessen und außerdem Laktatbestimmungen aus dem Kapillarblut des hyperämisierten Ohrläppchens vorgenommen.

a) Herzfrequenz:

Das die bipolaren Standardableitungen nach EINTHOVEN (I, II und III) und die unipolaren Ableitungen nach WILSON (V_2, V_4 und V_6) umfassende Belastungs-EKG (32, 34, 36, 61) wurde auf dem Sechsfachschreiber "Minograf Cardirex 6 T" (Fa. SIEMENS-ELEMA, Schweden) in der Ruhephase, am Ende jeder Belastungsminute und in der ersten, dritten und fünften Erholungsminute registriert.
Daraus wurde die Herzfrequenz f_H aus drei RR-Abständen errechnet. Außerdem erfolgte eine digitale Aufzeichnung über den Meßplatz in halbminutigen Abständen.

b) Atemminutenvolumen und Atemfrequenz:

Das exspiratorische Atemzugvolumen und die Atemfrequenz (Af) wurden mit dem offenen Spirometersystem "Pneumotest" des Meßplatzes registriert. Das Atemminutenvolumen ($\dot{V}_E$ bzw.

AMV) wurde unter BTPS-Bedingungen alle 30 Sekunden in l/min mittels Computer errechnet.

c) Sauerstoffaufnahme:

Die in-/exspiratorische Sauerstoffdifferenz (ΔO_2) wurde mit Hilfe des "Ergo-Pneumotest" registriert. Die Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}_{O_2}$) wurde in l/min unter STPD-Bedingungen aus dem AMV und der Sauerstoffdifferenz errechnet. In der Arbeit wurde weiterhin die relative Sauerstoffaufnahme als Sauerstoffaufnahme pro kg Körpergewicht (rel.$\dot{V}_{O_2}$) verwendet.

d) Laktat:

Die Laktatkonzentration (c.La) im Kapillarblut der Probanden wurde mit der "Testkombination Laktat" (Fa. BOEHRINGER, Mannheim) bestimmt. Die Blutabnahme erfolgte während der Ruhephase, in der Belastungsphase jeweils am Ende der einzelnen Belastungsstufen und in der dritten und fünften Minute der Erholungsphase.

e) Aerobe und anaerobe Schwelle:

Mit Hilfe der im submaximalen Bereich ermittelten Laktatwerte bestimmten wir den Übergang von aerobem zu anaerobem Energieumsatz in Form der sogenannten aeroben bzw. anaeroben Schwelle, welche Schlußfolgerungen über die Art des Energieumsatzes beim Bergsteigen ermöglichen sollte. MADER et al. (59), KEUL et al. (48) und KINDERMANN et al. (52) legten diesen kritischen Wert empirisch bei einer Laktatkonzentration von 2 bzw. 4 mmol/l fest. Neuere Untersuchungen (46, 49, 63, 64, 74) lassen erkennen, daß die Festlegung eines starren Laktatwertes den Gegebenheiten im Einzelfall nicht gerecht wird. Nach SIMON et al. (74) signalisiert der Kurvenpunkt, bei dem die Laktatkurve aus dem horizontalen Schenkel bei niedriger Belastung in einen vertikalen Verlauf bei hoher Belastung übergeht, einen "Umschlag" im Metabolismus.
Der Punkt, an dem die größte Änderung der Kurvensteigung

besteht, wird durch den tan(x,y) = 1 entsprechend einer Tangentensteigung in diesem Punkt von 45° charakterisiert. Dieser Punkt wird als individuelle anaerobe Schwelle festgelegt. Wir bestimmten f_H, Af und rel.$\dot{V}_{O_2}$ an der aeroben und anaeroben Schwelle sowohl nach deren Festlegung bei 4 mmol Laktat/l als auch nach der Bestimmungsmethode der individuellen anaeroben Schwelle. Abbildung 2 verdeutlicht die Bestimmungsverfahren.

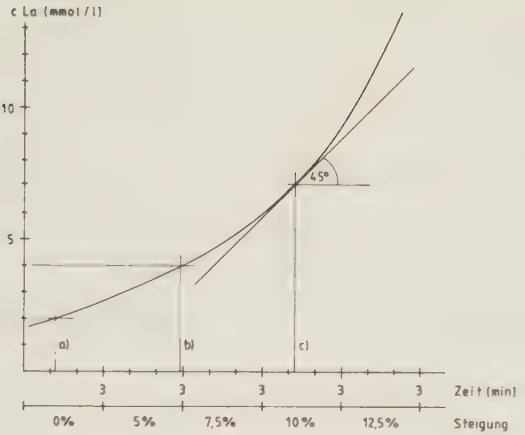

Abb. 2: Beispiel des Bestimmungsverfahrens der Parameter f_H, Af und rel.$\dot{V}_{O_2}$ von Proband 13

a) an der aeroben Schwelle (2 mmol Laktat/l) und an der anaeroben Schwelle bei
b) einer Laktatkonzentration von 4 mmol/l bzw.
c) einem Steigungswinkel der Laktatkurve von 45°.

Dabei ergaben sich folgende Werte:

	f_H	Af	rel.$\dot{V}_{O_2}$	Belastungsstufe Zeit/Steigung	
	1/min	1/min	ml/kg min	min	%
a) aerobe Schwelle 2 mmol Laktat/l	144	37	12,2	1	0
b) anaerobe Schwelle 4 mmol Laktat/l	170	25	36,6	3	5
c) anaerobe Schwelle Steigungswinkel der Laktatkurve = 45°	188	36	40,2	1	10

2.3. Kardiale, pulmonale und metabolische Funktionsgröße beim Klettern

Den Probanden wurde folgende Kletteraufgabe gestellt:

2.3.1. Belastungsverfahren

Im Klettergebiet "Donautal" (Abb. 3) wählten wir drei Führen verschiedener Schwierigkeitsgrade aus:

a) Adolf-Niklas-Weg (ANW); III+ (Abb. 4)
b) Schiefer Riß (SchR); V (Abb. 5)
c) Dicker Hund (DH); VI- (Abb. 6).

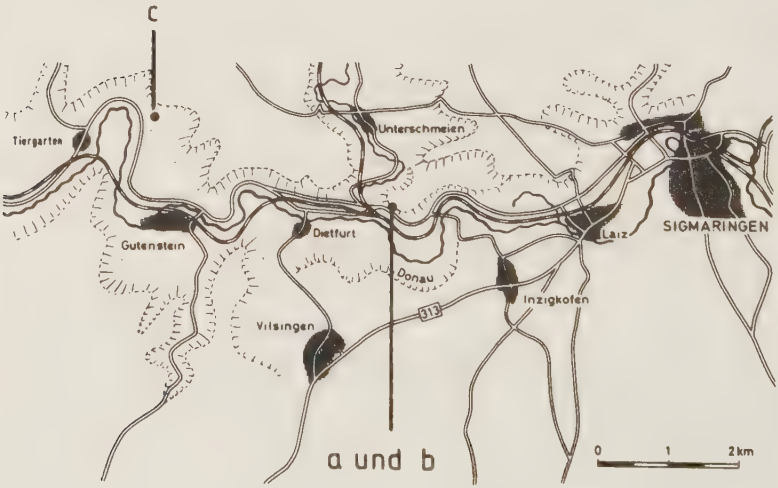

Abb. 3: Klettergebiet "Donautal" / Ausschnitt (22)
a = ANW; b = Sch R ; c = DH

Abb. 4: Adolf-Niklas-Weg;
III+; 2 Steillängen
= Standplatz

Abb. 5: Schiefer Riß;
V; 2 Seillängen
= Standplatz

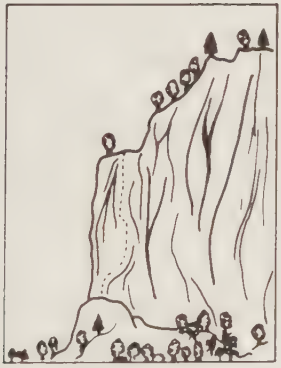

Abb. 6: Dicker Hund;
VI-; 1 Seillänge

Die Auswahl dieser Führen erfolgte besonders nach den Erfordernissen der guten Zugängigkeit mit einem Fahrzeug, in dem die erforderlichen Meßgeräte transportiert wurden und unter der Forderung der guten Zugängigkeit des Ausstieges der Führe, um die zur Laktatbestimmung erforderliche Blutabnahme nach der Klettertour reibungslos durchführen zu können. Geklettert wurde in einer Zweierseilschaft, wobei aus Sicherheitsgründen der Seilzweite an die unten aufgeführten Meßgeräte mit einem Gesamtgewicht von ca. 7 kg angeschlossen wurde.

2.3.2. Methoden zur Bestimmung von kardiopulmonalen und metabolischen Funktionsgrößen beim Klettern

Mit Hilfe einer tragbaren Bandspeichertelemetrieanlage (Fa. LENNARTZ, Tübingen) wurden f_H, AMV und ΔO_2 während des Kletterns registriert.
Die Aufnahmeeinheit bildeten ein "Mini-Modulator 7036/EKG", bestehend aus einem EKG-Vorverstärker, einem Mischer, einem Spannungsstabilisator und einem Quarzoszillator zur Pilotfrequenzerzeugung, mit dem die elektrischen bzw. mechanoelektrisch gewandelten Signale auf ein Kassettentonbandgerät "Sanjo TRC 2000" aufgenommen wurden. Die Wiedergabe der Signale erfolgte über einen "Demodulator", dem ein Schreiber (Fa. SCHWARZER, München) nachgeschaltet wurde (Abb. 7).

a) Herzfrequenz:

Die Herzfrequenz wurde über eine bipolare Ableitung des EKG rechter ICR II/sternal zu linkem ICR IV/Medioaxillarlinie zusätzlich einer Erdelektrode im linken ICR II/Medioaxillarlinie ermittelt. Die Bestimmung der Herzfrequenz erfolgte durch Auszählen der Aktionen pro Minute (Abb. 8).

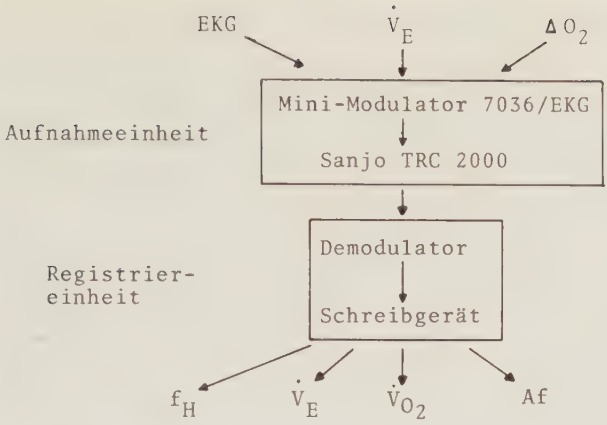

Abb. 7: Schema der Aufnahme und Registrierung kardiopulmonaler Funktionsgrößen

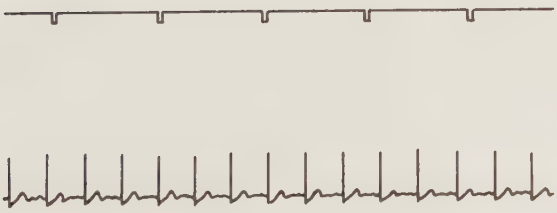

Abb. 8: Originalregistrierung der f_H beim Klettern; Papierlaufgeschwindigkeit = 2 cm/sec

b) Atemminutenvolumen, Atemfrequenz und Sauerstoffaufnahme:

Die pulmonalen Funktionsgrößen wurden mit Hilfe des "Oxycon-P" (Fa. MIJNHARDT, Holland) bestimmt. Das "Oxycon-P" ist ein tragbares Meßgerät zur kontinuierlichen Bestimmung des AMV und ΔO_2. Es besteht aus zwei Teilen: Das "t-Oxycon" ist der kompakte, tragbare Teil, der eine trockene Gasuhr und einen Sauerstoffanalysator enthält. Das "s-Oxycon" ist die stationäre Kontrolleinheit mit Digitalanzeige für das Atemminutenvolumen und die in-/exspiratorische Sauerstoffdifferenz. Das Atemminutenvolumen wurde folgendermaßen analysiert: Der Proband atmete Außenluft ein und über eine Gesichtsmaske in das Gasuhrensystem des "t-Oxycon" aus. Dadurch wurde ein Schiebeventil-Hebelsystem in Bewegung gesetzt. Diese Bewegung bewirkte die Drehung einer Stroboskopscheibe. Bei jeder Teilumdrehung dieser Scheibe erzeugte ein photoelektrischer Impulsgenerator ein elektrisches Signal. Bei einer vollen Umdrehung der Stroboskopscheibe wurden fünfzig Impulse erzeugt, wobei ein Impuls einem Gasvolumen von 0,1 Liter entspricht. Dieses elektrische Signal wurde auf dem Tonband registriert. Vom Band wurde dieses Signal über den Demodulator zur elektronischen Verarbeitung zum Rechnersystem des "s-Oxycon" übertragen und hier in Minutenabständen unter BTPS-Bedingungen in l/min errechnet und digital angezeigt (Abb. 9).

Im Sauerstoffanalysator des "t-Oxycon" wurden die Sauerstoffkonzentrationen der Inspirationsluft und der Exspirationsluft des Probanden durch eine Doppelzelle nach dem polarographischen Prinzip gemessen (17, 31, 40, 54).

Eine Meßzelle bestand aus einem galvanischen Element mit Blei als Anode und mit Silber als Kathode. Zwischen den Elektroden Blei und Silber diente $KHCO_3$ als Elektrolyt. Sauerstoff diffundierte durch eine 0,05 mm starke Teflonmembran. Entsprechend der Sauerstoffkonzentration in der Zelle wurde zwischen Anode und Kathode eine Spannung erzeugt. Zwei nach diesem Prinzip arbeitende Meßkammern, wovon die eine die Sauerstoffkonzentration in der Einatem-

luft und die andere die Sauerstoffkonzentration in die Ausatemluft mißt, ermöglichten die Registrierung der in-/exspiratorischen Sauerstoffdifferenz als elektrisches Signal auf dem an den Modulator angeschlossenen Tonbandgerät. Dieses elektrische Signal wurde nach Wiedergabe über den Demodulator in den "s-Oxycon" zur elektronischen Verarbeitung weitergeleitet. Die in-/exspiratorische Sauerstoffdifferenz konnte hier digital in Minutenabständen registriert werden, um damit nach folgender Formel die Sauerstoffaufnahme unter STPD-Bedingungen in l/min zu errechnen (54):

$$\dot{V}_{O_2} = \dot{V}_E \times \Delta O_2 \times K_{BS} \times 0{,}01$$

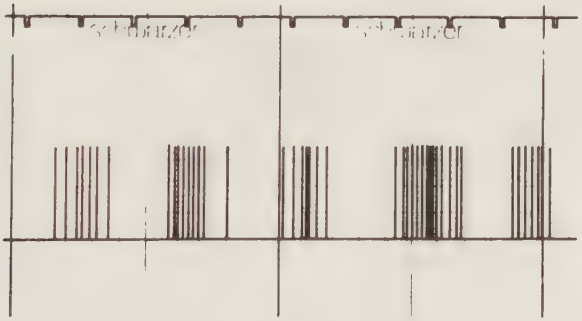

Abb. 9: Originalregistrierung der exspiratorischen Ventilation. Ein Ausschlag entspricht 0,1 Liter. Durch Auszählen von Anhäufungen solcher Ausschläge ergab sich die Af pro Minute

c) Laktat

Vor und unmittelbar nach der Kletteraufgabe wurde mit demselben Verfahren wie im Labor die Laktatkonzentration im Kapillarblut des hyperämisierten Ohrläppchens der Probanden bestimmt. Die Blutproben wurden an Ort und Stelle ent-

eiweißt und bis zur weiteren Analyse durchschnittlich 24 Stunden gekühlt gelagert.

2.4. Statistik

Die aus Mittelwerten ersichtlichen Differenzen wurden bei verschiedenen Stichproben nach dem WILCOXON-Test für zwei Stichproben überprüft. Bei gegebener Paarung wurde der WILCOXON-Test für Paardifferenzen angewandt. Als gesicherter Unterschied galt, wenn eine Vertrauenswahrscheinlichkeit von 0,95 erreicht oder überschritten wurde.

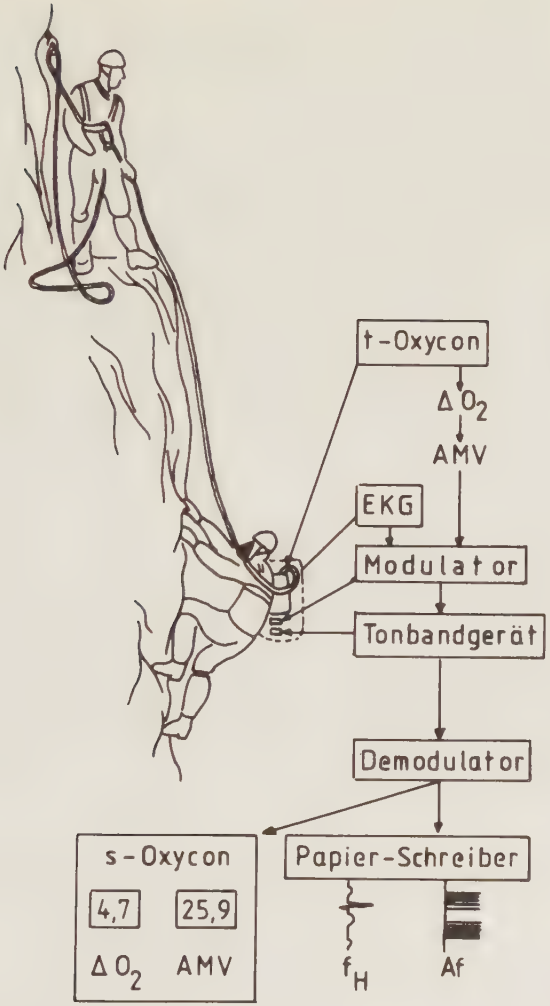

Abb.10: Schema der kardiopulmonalen Analyse beim Klettern

3. ERGEBNISSE

3.1. Spiroergometrische Diagnostik im Labor

Die erschöpfende, dynamische, dem Bergsteigen angenäherte Belastung im Labor zielte auf eine Ermittlung der individuellen maximalen aeroben und anaeroben Kapazität sowie der aeroben und anaeroben Schwelle ab, woraus eine Einteilung in Kollektive unterschiedlicher Leistungsfähigkeit ermöglicht wurde. Die maximal und submaximal auf standardisierten Belastungsstufen ermittelten Werte, die für jeden Probanden im Tabellenanhang niedergelegt sind, sollten einen Vergleich mit der beim Klettern auftretenden Belastung erlauben.

3.1.1. Maximale Leistungswerte

Die Maximalwerte für physikalische Leistung, ausgedrückt in maximaler Steigung und Zeitdauer bei acht km/h Gehgeschwindigkeit, die maximalen kardialen (f_H) und pulmonalen ($\dot{V}_E$, $\dot{V}_{O_2}$, Af) Werte sowie die maximalen Laktatwerte für jeden einzelnen Probanden gehen aus Tabelle 4 hervor.

Tab. 4: Maximalwerte der spiroergometrischen Diagnostik im Labor

Proband	f_H	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	Af	Laktat	Physikal. Leistung	
	1/min	1/min	1/min	1/min	mmol/l	Zeit / min	Steigung %
P 1	172	146,7	3,5	58	13,86	1	15
P 2	201	121,1	4,4	48	13,58	1	20
P 3	190	156,7	5,2	59	13,73	1	17,5
P 4	198	94,2	3,3	47	12,71	2	15
P 5	191	117,7	3,2	52	15,94	3	15
P 6	212	147,6	4,2	67	13,60	3	12,5
P 7	205	151,7	3,8	63	16,09	3	12,5
P 8	191	146,5	3,8	53	14,88	3	10
P 9	197	130,4	4,0	51	12,41	2	17,5
P 10	180	121,3	3,6	42	12,09	2	17,5
P 11	189	96,2	4,1	31	8,56	3	12,5
P 12	169	122,8	3,9	39	10,54	3	10
P 13	198	179,1	4,6	54	18,21	3	12,5
P 14	191	128,8	3,8	50	10,86	2	15
P 15	194	94,0	2,9	44	12,48	3	12,5
P 16	204	119,6	4,0	46	14,40	3	17,5
$\bar{x}$	192,6	129,65	3,89	50,3	13,37	2	15
s ±	11,5	24,0	0,56	9,1	2,34		

Bei sämtlichen Parametern konnten teilweise erhebliche Unterschiede festgestellt werden.

3.1.2. Aerobe und anaerobe Schwelle

Mit den unter 2.2.2. beschriebenen Bestimmungsverfahren ermittelten wir Herzfrequenz, Atemfrequenz und die relative Sauerstoffaufnahme bei der aeroben bzw. anaeroben Schwelle. Die einzelnen Werte sind in Tabelle 5 zusammengefaßt.

Tab. 5: Funktionsgrößen an der aeroben bzw. anaeroben Schwelle bei einer Laktatkonzentration von 2 bzw. 4 mmol/l und einer Steigung der Laktatkurve von 45°

	2 mmol Laktat/l			4 mmol Laktat/l			Steigungswinkel = 45°		
Proband	f_H 1/min	Af 1/min	rel.$\dot{V}O_2$ ml/kg min	f_H 1/min	Af 1/min	rel.$\dot{V}O_2$ ml/kg min	f_H 1/min	Af 1/min	rel.$\dot{V}O_2$ ml/kg min
P 1	134	20	29,7	148	44	27,0	169	52	41,9
P 2	129	33	30,9	160	32	38,2	200	44	60,3
P 3	148	39	18,7	168	37	45,3	188	56	60,0
P 4	163	41	11,1	168	34	30,6	196	44	40,3
P 5	149	31	13,5	167	42	31,1	181	46	31,1
P 6	148	30	17.0	185	34	36,7	203	52	50.6
P 7	132	21	15,1	149	33	32,9	189	52	47,9
P 8	115	37	8,3	152	31	26,0	167	41	32,3
P 9	142	23	19,4	168	31	40,3	188	39	47,2
P 10	133	15	8,2	147	21	34,3	180	40	56,0
P 11	142	29	31,2	169	25	40,3	189	27	50,6
P 12	132	20	9,3	159	23	27,1	151	34	21,5
P 13	144	37	12,2	170	25	36,6	188	36	40,2
P 14	145	47	20,4	170	41	37,8	185	41	45,9
P 15	147	24	26,3	155	28	29,8	186	37	47,4
P 16	150	27	31,8	171	35	37,9	187	38	48,5
$\bar{x}$	141	30	19,4	163	32	34,5	184	42	45,1
s ±	11,21	8,94	8,89	10,52	6,76	5,56	12,91	7,74	10,45

Die mit den unterschiedlichen Bestimmungsmethoden an der anaeroben Schwelle erhobenen Werte von Herz- und Atemfrequenz bzw. rel.$\dot{V}O_2$ unterscheiden sich signifikant ($p < 0,01$).

Die nach der Bestimmungsmethode "Steigungswinkel der Laktatkurve = 45°" (74) an der anaeroben Schwelle bestimmte relative Sauerstoffaufnahme wurde für spätere Vergleiche in Prozent der maximalen relativen Sauerstoffaufnahme errechnet (Tab. 6). Die prozentuale Höhe der rel.$\dot{V}O_2$ erlaubte eine Beurteilung des Trainingzustandes der Probanden, wodurch eine Einteilung in gut und weniger gut Trainierte möglich sein sollte.

Tab. 6: rel.$\dot{V}O_2$ an der anaeroben Schwelle (74) in Prozent der rel.$\dot{V}O_2$ max.

Proband	rel.$\dot{V}O_2$ max. (= 100 %) ml/kg min	rel.$\dot{V}O_2$ an der anaerob. Schw. ml/kg min	rel.$\dot{V}O_2$ an der anaerob. Schw. in % der rel. $\dot{V}O_2$ max.
P 1	47,3	41,9	89
P 2	64,7	60,3	93
P 3	69,3	60,0	87
P 4	45,8	40,3	88
P 5	43,2	31,1	72
P 6	53,2	50,6	94
P 7	52,1	47,9	92
P 8	39,6	32,3	82
P 9	55,6	47,2	85
P 10	59,0	56,0	95
P 11	53,2	50,6	95
P 12	36,2	21,5	59
P 13	56,1	40,2	72
P 14	51,4	45,9	89
P 15	50,9	47,4	93
P 16	60,6	48,5	80
$\bar{x}$	52,39	45,1	85
s $\pm$	8,78	10,45	10,16

3.1.3. Einteilung in Kollektive

Aufgrund der im Labor ermittelten maximalen physikalischen Leistung, der maximalen aeroben Kapazität, gemessen an der maximalen relativen Sauerstoffaufnahme und der maximalen anaeroben Kapazität, charakterisiert durch den maximalen Laktatspiegel und der relativen Höhe der anaeroben Schwelle (74) wurden vier Kollektive gebildet, die in jeweils zwei gleichgroße Gruppen unterteilt wurden. Diese Einteilungen fanden Berücksichtigung bei dem späteren Vergleich mit der bergsteigerischen Erfahrung der Probanden.

Obwohl eindeutige Unterschiede in der physikalischen Leistung bestanden, waren derartige bei den maximalen physiologischen Parametern nicht zu sichern (Tab. 7).

Die Höhe der rel.$\dot{V}O_2$ in Prozent der rel.$\dot{V}O_{2\,max.}$ an der anaeroben Schwelle (74), welche eine Beurteilung des Trainingzustandes ermöglichte, ließ eine Einteilung in Probanden mit hoher bzw. niedriger anaerober Schwelle zu (Tab.10). Diese Einteilung sollte später Vergleiche mit der beim Klettern erbrachten Leistung zulassen.

Tab. 7: Kollektiv 1

a) Probanden mit hoher physikalischer Leistung

Proband	Physikal. Leistung max. Zeit / Steigung		$f_{H\ max.}$	$\dot{V}_{E\ max.}$	$\dot{V}O_{2\ max.}$	$Af_{max.}$	Laktat max.	rel. $\dot{V}O_{2\ max.}$
	min	%	1/min	1/min	1/min	1/min	mmol/l	ml/min · kg
P 2	1	20	201	121,1	4,4	48	13,58	64,70
P 16	3	17,5	204	119,6	4,0	46	14,40	60,61
P 10	2	17,5	180	121,3	3,6	42	12,09	59,02
P 9	2	17,5	197	130,4	4,0	51	12,41	55,56
P 3	1	17,5	190	156,7	5,2	59	13,73	69,33
P 5	3	15	191	117,7	3,2	52	15,94	43,24
P 14	2	15	191	128,8	3,8	50	10,86	51,35
P 4	2	15	198	94,2	3,3	47	12,71	45,83
$\bar{x}$	2	15	194	123,72	3,94	49,4	13,22	56,21
s ±			7,6	17,30	0,64	5,0	1,56	9,03

b) Probanden mit niedriger physikalischer Leistung

Proband	Physikal. Leistung max. Zeit / Steigung		$f_{H\ max.}$	$\dot{V}_{E\ max.}$	$\dot{V}_{O_2\ max.}$	$Af_{max.}$	Laktat max.	rel. $\dot{V}_{O_2\ max.}$
	min	%	1/min	1/min	1/min	1/min	mmol/l	ml/min · kg
P 1	1	15	172	146,7	3,5	58	13,86	47,29
P 6	3	12,5	212	147,6	4,2	67	13,60	53,16
P 7	3	12,5	205	151,7	3,8	63	16,09	52,05
P 11	3	12,5	189	96,2	4,1	31	8,56	53,24
P 13	3	12,5	198	179,1	4,6	54	18,21	56,09
P 15	3	12,5	194	94,0	2,9	44	12,48	50,87
P 8	3	10	191	146,5	3,8	53	14,88	38,78
P 12	3	10	169	122,8	3,9	39	10,54	36,45
$\bar{x}$	2	12,5	191,3	135,57	3,85	51,1	13,53	48,48
s $\pm$			14,8	29,24	0,50	12,3	3,05	7,18

Tab. 8: Kollektiv 2

a) Probanden mit höherer maximaler relativer Sauerstoffaufnahme

Proband	rel.$\dot{V}O_2$ max. ml/kg min
P 3	69,3
P 2	64,7
P 16	60,6
P 10	59,0
P 13	56,1
P 9	55,6
P 6	53,2
P 11	53,2
$\bar{x}$	58,96
s ±	5,71

b) Probanden mit niedriger maximaler relativer Sauerstoffaufnahme

Proband	rel.$\dot{V}O_2$ max. ml/kg min
P 7	52,1
P 14	51,4
P 15	50,9
P 1	47,3
P 4	45,8
P 5	43,2
P 8	38,8
P 12	36,5
$\bar{x}$	45,75
s ±	5,87

Tab. 9: Kollektiv 3

a) Probanden mit hohem max. Laktatspiegel

Proband	Laktat mmol/l
P 13	18,21
P 7	16,09
P 5	15,94
P 8	14,88
P 16	14,40
P 1	13,86
P 3	13,73
P 6	13,60
$\bar{x}$	15,09
s ±	1,58

b) Probanden mit niedrigem max. Laktatspiegel

Proband	Laktat mmol/l
P 2	13,58
P 4	12,71
P 15	12,48
P 9	12,41
P 10	12,09
P 14	10,86
P 12	10,54
P 11	8,56
$\bar{x}$	11,65
s ±	1,59

Tab. 11: Übersicht über die von den einzelnen Probanden bewältigten Touren

Proband	Adolf-Niklas-Weg	Schiefer Riß	Dicker Hund
P 1	x	x	x
P 2	x	x	x
P 3	x		
P 4	x	x	x
P 5	x	x	
P 6	x		x
P 7	x		
P 8	x		
P 9	x	x	x
P 10	x		
P 11	x	x	
P 12	x		
P 13	x	x	
P 14	x	x	x
P 15	x	x	x
P 16	x	x	x

3.2.1. Einteilung in Kollektive

Die unterschiedliche bergsteigerische Leistung der Teilnehmer erlaubte eine Einteilung in drei Kollektive. Das Kollektiv A umfaßte alle 16 Probanden, welche den "Adolf-Niklas-Weg" durchkletterten. Das Kollektiv B bestand aus den zehn Probanden, die den "ANW" und den "Sch R" durchstiegen. Kollektiv C setzte sich aus den acht Teilnehmern zusammen, die alle drei Touren bewältigen konnten. Außerdem wurde eine Unterteilung in zwei gleich große Gruppen erfahrener und weniger erfahrener Bergsteiger durchgeführt (Tab. 12).

Tab. 12: Unterteilung in erfahrene und weniger erfahrene Bergsteiger

"erfahrene Kletterer"				"weniger erfahrene Kletterer"			
	ANW	SchR	DH		ANW	SchR	DH
P 1	x	x	x	P 5	x	x	
P 2	x	x	x	P 11	x	x	
P 4	x	x	x	P 13	x	x	
P 6	x		x	P 3	x		
P 9	x	x	x	P 7	x		
P 14	x	x	x	P 8	x		
P 15	x	x	x	P 10	x		
P 16	x	x	x	P 12	x		

3.2.2. Maximale physiologische Größen beim Klettern

Die bei den Kollektiven A und B bzw. C ermittelten maximalen physiologischen Parameter sind in den Tabellen 13, 14 und 15 zusammengefaßt.

Aus den Mittelwerten sind keine wesentlichen Unterschiede der maximalen Funktionsgrößen ersichtlich. Um einen Vergleich der Auswirkungen unterschiedlich schwerer Kletteraufgaben durchführen zu können, wurden im folgenden nur die Probanden berücksichtigt, die entweder Kletteraufgabe a) und b) bzw. alle drei Touren bewältigen konnten (Abb. 11 und 12).

Aus den Abbildungen 11 und 12 geht hervor, daß sich keine Unterschiede der Maximalwerte von f_H, Af, $\dot{V}_E$ und $\dot{V}_{O_2}$ in den verschiedenen Schwierigkeitsgraden feststellen lassen.

Tab. 13: Maximalwerte des Kollektiv A

ANW	f_H	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	rel.$\dot{V}_{O_2}$	Af	Laktat vor / nach	
	1/min	1/min	1/min	ml/kg min	1/min	mmol/1	
P 1	162	70,8	3,0	40,5	42	3,44	3,97
P 2	158	48,8	1,9	27,9	32	2,81	4,02
P 3	145	48,7	2,1	28,0	32	2,86	4,56
P 4	180	36,9	1,7	23,6	28	3,18	4,73
P 5	180	40,2	1,9	25,7	28	3,57	4,33
P 6	198	62,5	2,9	36,7	34	2,66	4,97
P 7	167	69,1	3,1	42,5	37	1,20	5,21
P 8	174	66,1	2,4	25,0	48	3,40	7,36
P 9	168	68,0	2,2	30,6	38	2,30	4,62
P 10	180	64,5	1,4	23,0	41	3,70	7,59
P 11	174	49,3	2,8	36,4	22	2,53	5,17
P 12	164	64,8	2,4	22,4	29	3,86	6,94
P 13	170	33,1	1,5	18,3	27	2,31	4,37
P 14	176	61,2	2,7	36,5	31	4,41	5,22
P 15	168	41,0	1,8	31,6	31	3,42	4,02
P 16	188	62,4	1,6	24,2	39	4,25	5,49
$\bar{x}$	172,0	55,46	2,21	29,56	33,7	3,12	5,16
s ±	12,3	12,66	0,56	7,14	6,7	0,82	1,16

Tab. 14: Maximalwerte des Kollektiv B

SchR	f_H	$\dot{V}_E$	$\dot{V}O_2$	rel.$\dot{V}O_2$	Af	Laktat vor / nach	
	1/min	1/min	1/min	ml/kg min	1/min	mmol/l	
P 1	150	62,0	2,7	36,5	36	2,58	3,39
P 2	168	47,1	2,2	32,4	35	3,79	5,74
P 4	188	44,4	2,0	27,8	32	4,02	5,27
P 5	186	43,7	2,2	29,7	34	2,81	4,47
P 9	168	74,3	3,2	44,4	40	2,12	5,23
P 11	176	58,2	3,0	39,0	24	2,46	5,83
P 13	159	36,8	1,9	23,2	24	2,02	4,26
P 14	176	52,8	2,3	31,1	31	4,21	5,96
P 15	164	47,7	2,1	36,8	29	4,81	6,45
P 16	188	65,7	2,2	33,3	39	4,57	6,10
$\bar{x}$	172,3	53,27	2,38	33,42	32,4	3,34	5,27
s	12,9	11,59	0,44	6,05	5,6	1,05	0,97

Tab. 15: Maximalwerte des Kollektiv C

DH	f_H	$\dot{V}_E$	$\dot{V}O_2$	rel.$\dot{V}O_2$	Af	Laktat vor	nach
	1/min	1/min	1/min	ml/kg min	1/min	mmol/l	
P 1	150	67,7	2,0	27,0	44	1,90	5,95
P 2	186	48,8	2,2	32,4	37	3,08	6,45
P 4	198	44,8	1,9	26,4	37	2,94	10,92
P 6	192	55,6	3,0	38,0	33	2,48	4,93
P 9	168	66,9	2,1	29,2	41	2,08	6,26
P 14	192	38,9	1,6	21,6	42	3,09	8,19
P 15	168	35,9	1,7	29,8	27	4,34	8,37
P 16	186	59,1	2,0	30,3	36	3,31	6,73
$\bar{x}$	180,0	52,20	2,06	29,34	37,1	2,90	7,23
s $\pm$	16,4	12,10	0,43	4,77	5,4	0,77	1,87

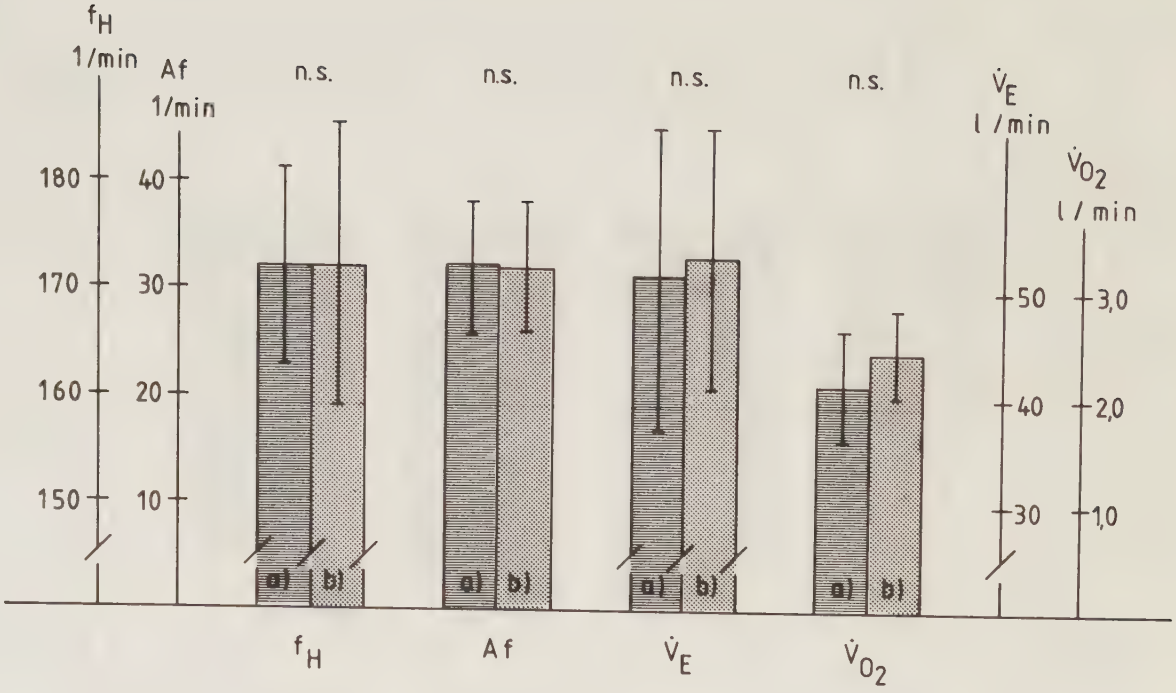

Abb.11: Maximalwerte für f_H, Af, V_E und V_{O_2} beim Klettern von a) ANW und b) Sch R

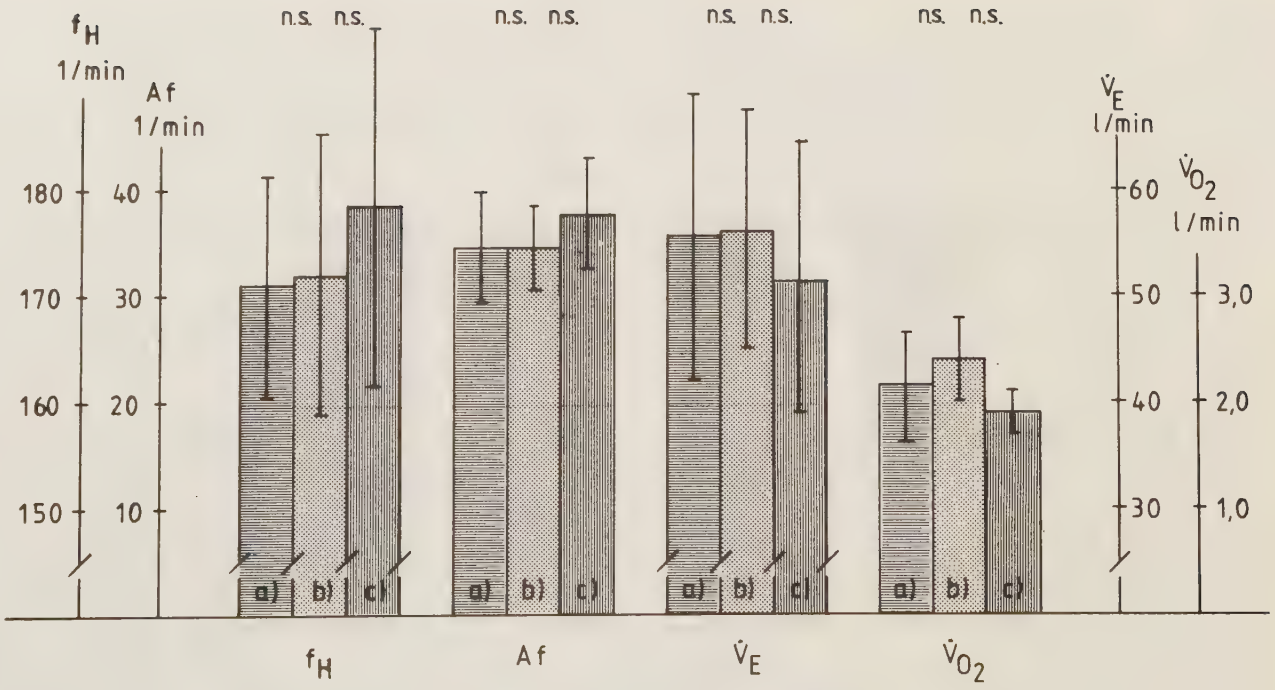

Abb. 12: Maximalwerte für f_H, Af, $\dot{V}_E$ und $\dot{V}_{O_2}$ beim Klettern von a) ANW, b) Sch R und c) DH

3.2.3. Durchschnittswerte beim Klettern

Um Einblicke in die durchschnittliche Belastung während des Kletterns zu erhalten, wurden die Mittelwerte der Parameter f_H, AMV, $\dot{V}O_2$ und Af während der Dauer der einzelnen Touren folgendermaßen ermittelt: Nach Abzug der Arbeitsanlaufphase in den ersten zwei bis drei Minuten wurden die Mittelwerte über die anschließende Kletterdauer gebildet (Abb. 13). Standpausen wurden nicht berücksichtigt; die entsprechenden Zeiten wurden von der Gesamtkletterzeit abgezogen.

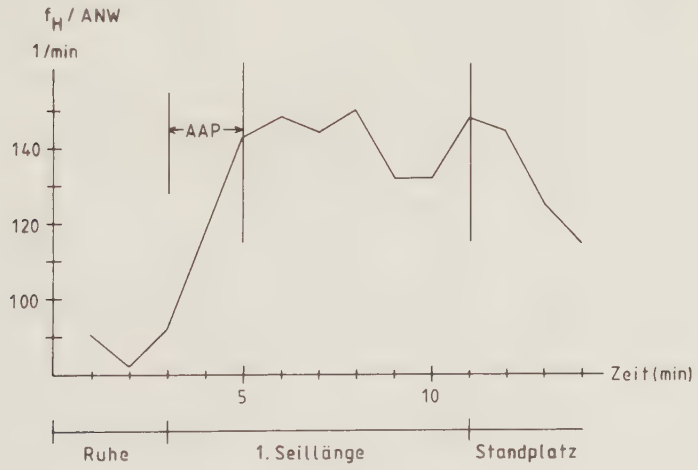

Abb. 13: Schema der Durchschnittswertermittlung; nach Abzug der Arbeitsanlaufphase (= AAP) wurden über die anschließende Kletterdauer Mittelwerte gebildet.

Die durchschnittliche Kletterzeit für die erste Seillänge am ANW betrug 6,2 ± 2,4 Minuten, für die zweite Seillänge 4,9 ± 2,1 Minuten (n=16).
Die durchschnittliche Dauer der ersten Seillänge am Sch R

betrug 6,8 ± 3,1 Minuten, der zweiten 3,9 ± 0,9 Minuten (n=10). Die durchschnittliche Kletterdauer am DH betrug 8,1 ± 2,8 Minuten (n=7).
Die bei den Kollektiven A und B bzw. C ermittelten Durchschnittswerte physiologischer Parameter sind in den Tabellen 16, 17 und 18 zusammengefaßt.

Tab. 16: Durchschnittswerte des Kollektiv A

ANW	$\bar{x}$ f_H 1/min	$\bar{x}$ $\dot{V}_E$ 1/min	$\bar{x}$ $\dot{V}_{O_2}$ 1/min	$\bar{x}$ Af 1/min	$\bar{x}$ rel.$\dot{V}_{O_2}$ ml/kg min
P 1	150	60,8	2,4	36	32,43
P 2	148	45,1	1,8	31	26,47
P 3	133	38,3	1,6	30	21,33
P 4	170	31,6	1,5	25	20,83
P 5	170	38,0	1,8	26	24,32
P 6	187	57,0	2,4	32	30,38
P 7	161	64,6	2,9	35	39,73
P 8	160	57,5	1,8	40	18,75
P 9	158	62,3	1,9	34	26,39
P 10	159	53,0	1,1	33	18,03
P 11	157	43,5	2,2	20	28,57
P 12	153	60,4	2,2	25	20,56
P 13	161	28,5	1,2	23	14,63
P 14	167	52,0	2,3	32	31,08
P 15	153	36,6	1,6	29	28,07
P 16	178	58,8	1,5	37	22,72
$\bar{x}$	160,3	49,25	1,89	30,5	25,27
s ±	12,6	11,84	0,48	5,5	6,40

Tab. 17: Durchschnittswerte des Kollektiv B

	$\bar{x}$ HF 1/min	$\bar{x}$ $\dot{V}_E$ 1/min	$\bar{x}$ $\dot{V}_{O_2}$ 1/min	$\bar{x}$ AF 1/min	$\bar{x}$ rel.$\dot{V}_{O_2}$ ml/kg min
P 1	138	54,5	2,4	34	32,43
P 2	159	42,6	1,8	33	26,47
P 4	181	40,4	1,8	30	25,00
P 5	174	37,4	1,6	30	21,62
P 9	160	65,7	2,4	37	33,33
P 11	166	50,7	2,7	25	35,06
P 13	151	32,0	1,7	29	20,73
P 14	165	45,1	1,9	27	25,68
P 15	152	35,0	1,6	27	28,07
P 16	179	56,5	1,9	35	28,79
$\bar{x}$	162,5	45,99	1,98	30,7	27,72
s $\pm$	13,4	10,68	0,38	3,9	4,81

Tab. 18: Durchschnittswerte des Kollektiv C

	$\bar{x}$ HF 1/min	$\bar{x}$ $\dot{V}_E$ 1/min	$\bar{x}$ $\dot{V}_{O_2}$ 1/min	$\bar{x}$ Af 1/min	$\bar{x}$ rel.$\dot{V}_{O_2}$ ml/kg min
P 1	142	60,7	1,7	42	22,97
P 2	176	45,3	1,7	33	25,00
P 4	187	35,8	1,5	31	20,83
P 6	186	49,1	2,5	29	31,65
P 9	156	58,3	2,0	36	27,78
P 14	182	34,6	1,4	39	18,92
P 15	155	33,4	1,6	26	28,07
P 16	177	47,0	1,5	34	22,73
$\bar{x}$	170,1	45,53	1,74	33,8	24,74
s $\pm$	16,8	10,48	0,36	5,2	4,22

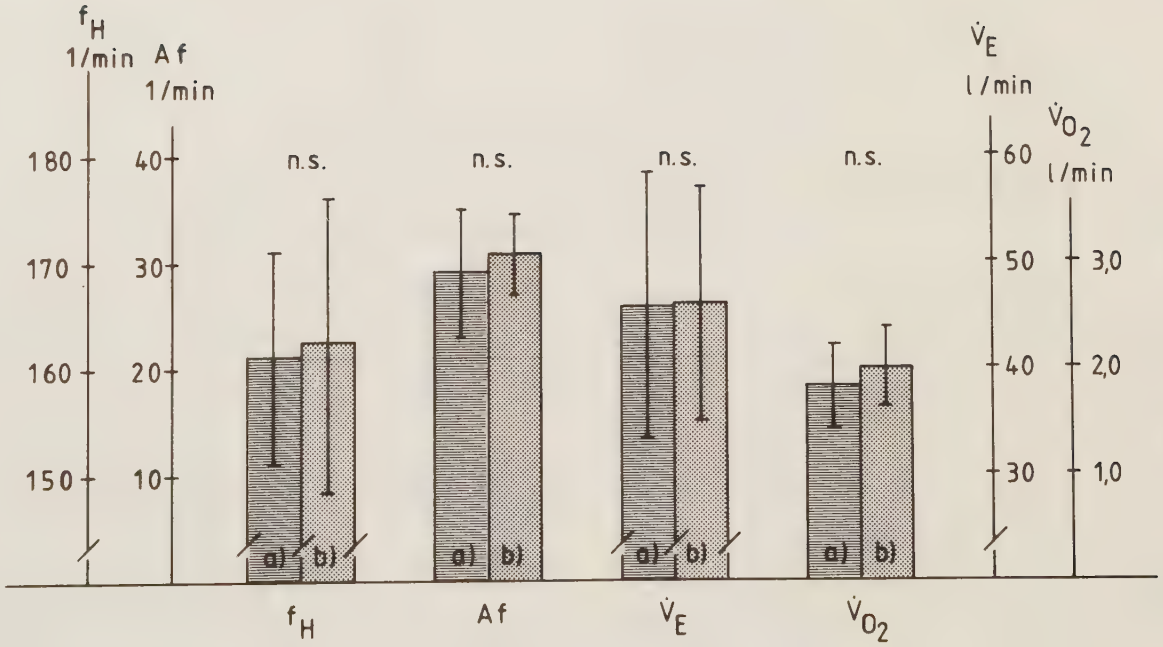

Abb. 14: Mittelwerte für f_H, Af, $\dot{V}_E$ und $\dot{V}_{O_2}$ beim Klettern von a) ANW und b) Sch R

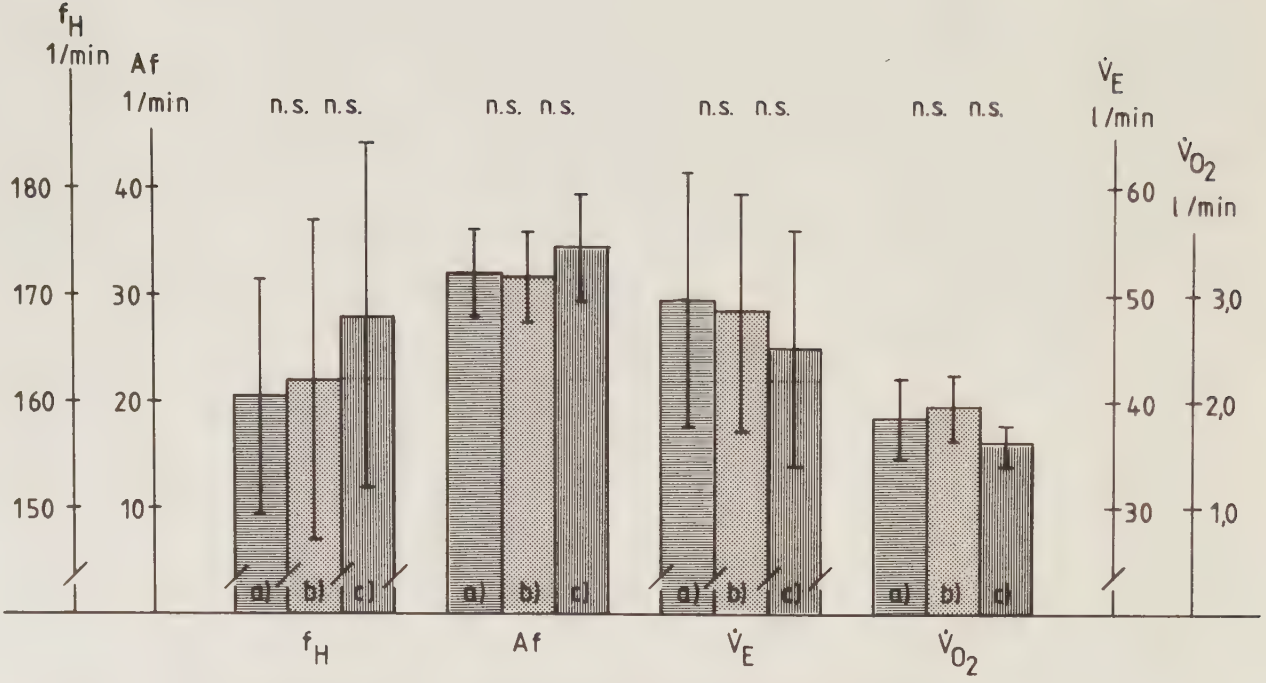

Abb.15: Mittelwerte für f_H, Af, $\dot{V}_E$ und $\dot{V}_{O_2}$ beim Klettern von a) ANW, b) Sch R und c) DH

Aus den Mittelwerten sind keine wesentlichen Unterschiede der durchschnittlichen Funktionsgrößen ersichtlich. Um einen Vergleich der Auswirkungen unterschiedlicher Schwierigkeitsgrade durchführen zu können, wurden im folgenden nur die Probanden berücksichtigt, die entweder Kletteraufgabe a) und b) bzw. alle drei Touren bewältigen konnten (Abb. 14 und 15).

Aus den Abbildungen 14 und 15 geht hervor, daß sich keine Unterschiede der Mittelwerte von f_H, $\dot{V}_E$, $\dot{V}O_2$ und Af während des Kletterns in verschiedenen Schwierigkeitsgraden feststellen lassen.

3.2.4. Kletterphase, in der Maximalwerte ermittelt wurden

Um den Einfluß von situativen Bedingungen auf die physiologischen Parameter zu beurteilen, wurden die Zeitpunkte, zu denen diese Parameter der kletternden Probanden am höchsten waren, bestimmt. Sie wurden nach folgendem Beispiel ermittelt: Proband 1 durchkletterte in 31 Minuten den ANW in zwei Seillängen. Dabei benötigte er für die erste Seillänge die vierte bis einschließlich 13. Minute, insgesamt zehn Minuten. Die zweite Seillänge durchstieg er von der 24. bis zur einschließlich 28. Minute, in insgesamt fünf Minuten. Die höchste Herzfrequenz (150/min) erreichte der Proband in der 26. Minute der Gesamtdauer der Tour, der dritten Minute der zweiten Seillänge. Die dritte Minute der zweiten Seillänge von fünf Minuten Dauer entspricht 60 % der Seillängendauer (Abb. 16).

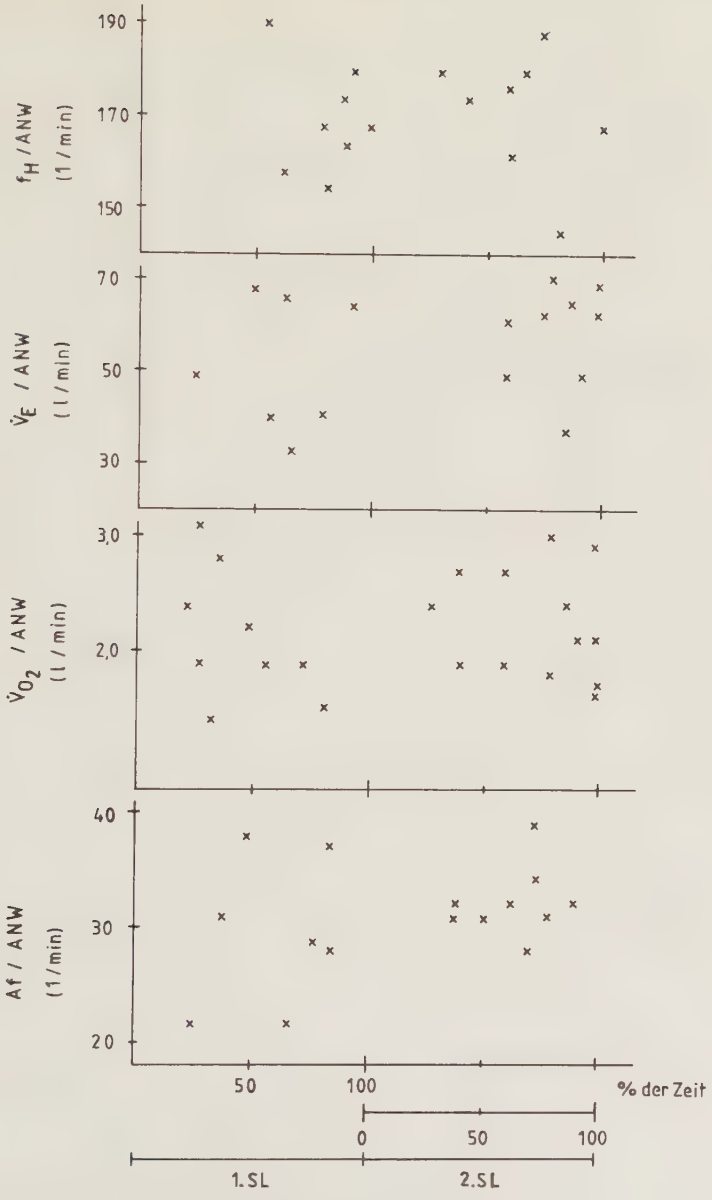

Abb 17: Verteilung der Maximalwerte von f_H, $\dot{V}_E$, $\dot{V}_{O_2}$ und Af während der Kletterzeit am ANW

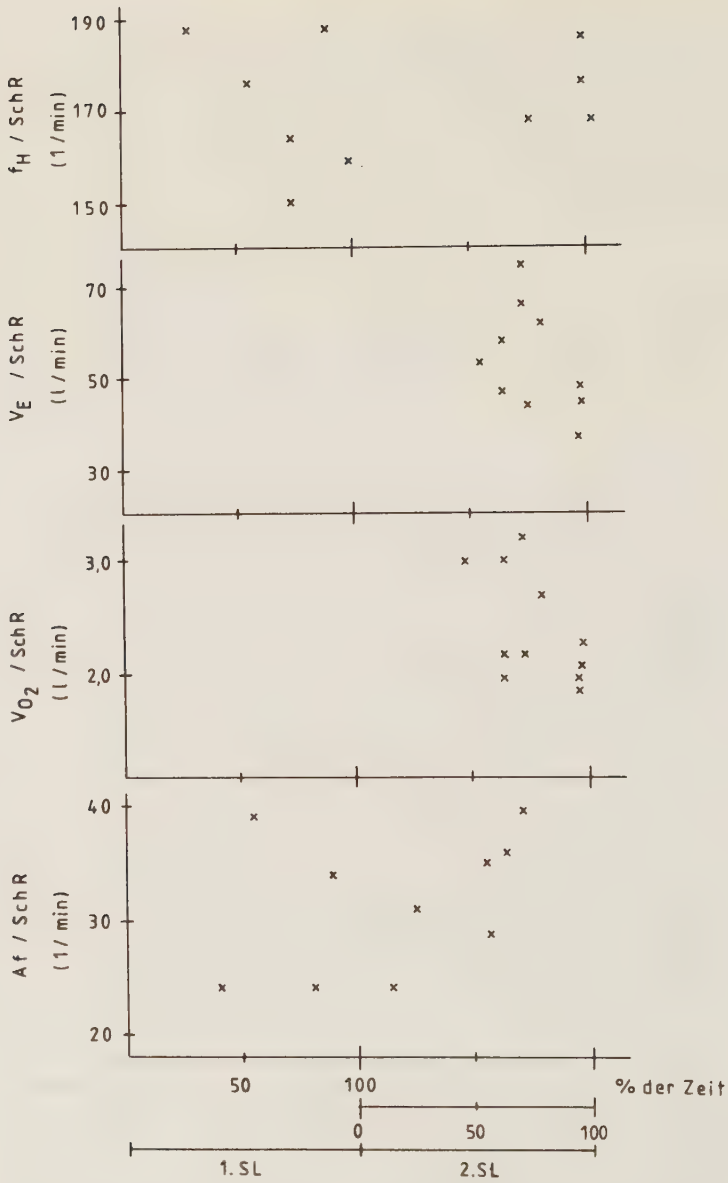

Abb.18: Verteilung der Maximalwerte von f_H, V_E, V_{O_2} und Af während der Kletterzeit am SchR

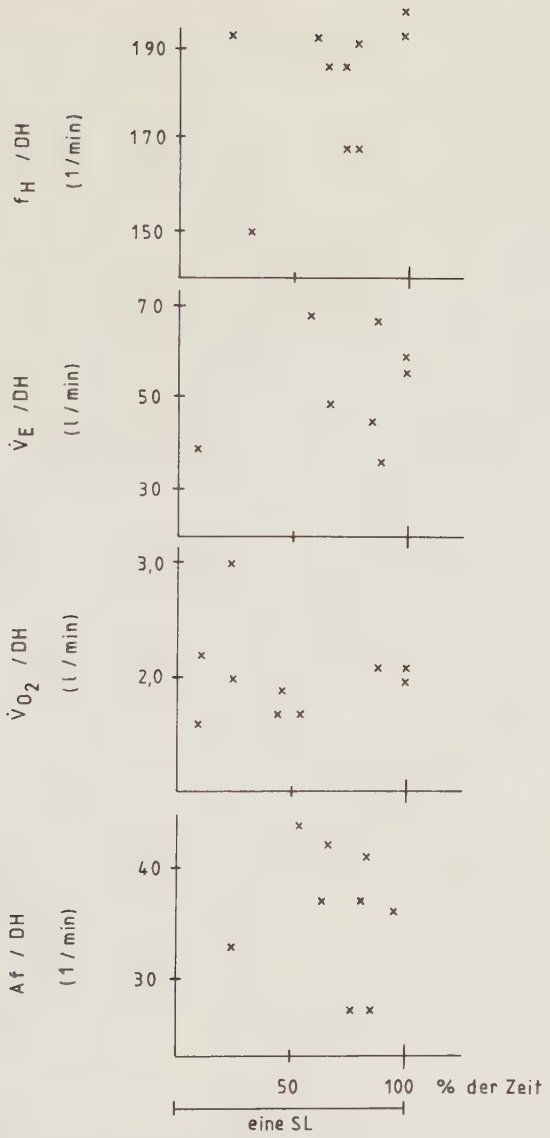

Abb 19: Verteilung der Maximalwerte von f_H , V_E , V_{O_2} und Af während der Kletterzeit am DH

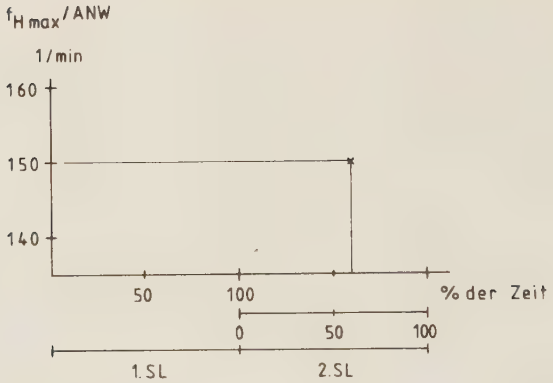

Abb.16: Bestimmungsmethode der Kletterphase, in der die Maximalwerte von f_H, Af, V_E und V_{O_2} erreicht wurden

In den Abbildungen 17, 18 und 19 ist die Verteilung der Maximalwerte über die nach oben genanntem Vorgehen vergleichbar gemachten Kletterzeiten dargestellt.

Im allgemeinen verteilen sich die Maximalwerte von fH, $\dot{V}_E$, $\dot{V}_{O_2}$ und Af gleichmäßig über die gesamte Kletterzeit der einzelnen Touren.
Lediglich die Maximalwerte des AMV und der $\dot{V}_{O_2}$ kumulieren während der zweiten Hälfte der zweiten Seillänge am Sch R. Es ist zu bemerken, daß von einem Großteil der Probanden gerade dieser Abschnitt des Sch R subjektiv als leicht im Grad V empfunden und auch schneller durchklettert wurde.

3.3. Vergleich der Ergebnisse im Labor mit den Ergebnissen beim Klettern

Um die psychophysische Belastung beim Klettern in Relation zur maximalen Leistungsfähigkeit der einzelnen Probanden abschätzen zu können, wurden die während des Kletterns ermittelten Maximal- und Durchschnittswerte mit den im Labor analysierten Funktionsgrößen verglichen.

3.3.1. Maximalwerte beim Klettern und im Labor

Die im Labor ermittelten Maximalwerte wurden als 100 % gesetzt. Die beim Klettern in verschiedenen Schwierigkeitsgraden analysierten Maximalwerte wurden als Prozent davon angegeben (Abb. 20 und 21).

Bei der Herzfrequenz wurden zwischen 88 und 92 % der Maximalwerte erreicht; die Atemfrequenz lag zwischen 67 und 76 % während die maximalen relativen Sauerstoffaufnahmen beim Bergsteigen 53 bis 65 % der analogen Maximalwerte im Labor erreichten. Die Laktatkonzentrationen erreichten 36 bis 59 %. Signifikante Unterschiede ergaben sich für die maximale relative Sauerstoffaufnahme gemessen am Sch R und am DH sowie zwischen den Laktatkonzentrationen, die an allen drei Touren analysiert wurden. Bei allen anderen Analysen ließen sich keine Unterschiede sichern.

3.3.2. Mittelwerte beim Klettern und Maximalwerte im Labor

Die Maximalwerte, die im Labor analysiert wurden, entsprachen 100 %. Die beim Klettern in den verschiedenen Schwierigkeitsgraden ermittelten Durchschnittswerte wurden als Prozent davon errechnet (Abb. 22 und 23).
Die durchschnittliche Herzfrequenz beim Klettern erreichte 83 bis 87 % der analogen Maximalwerte im Labor; die mittlere Atemfrequenz lag bei 62 bis 70 %. Die durchschnittliche relative Sauerstoffaufnahme erreichte 45 bis 54 %. Zwischen den Werten, die in verschiedenen Schwierigkeitsgraden ermittelt wurden, ließen sich keine Unterschiede sichern.

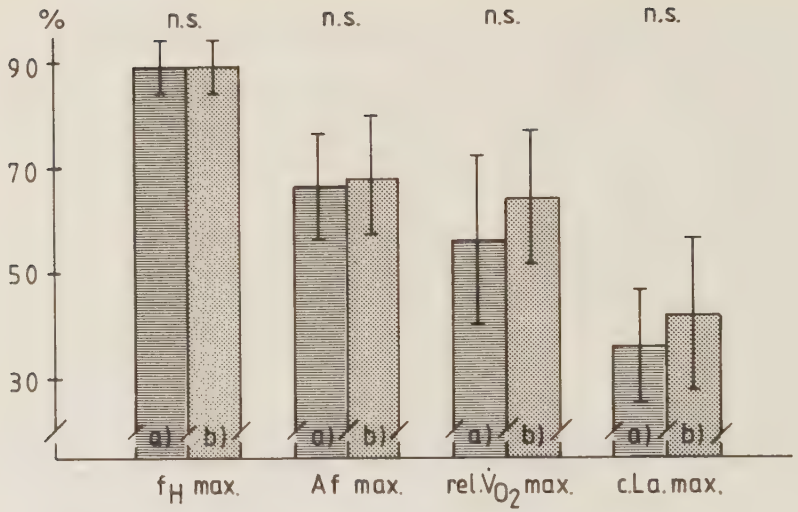

Abb. 20: Maximalwerte von f_H, Af, rel. $\dot{V}_{O_2}$ und c.La. beim Klettern von a) ANW und b) SchR in % der analogen Werte im Labor (n=10)

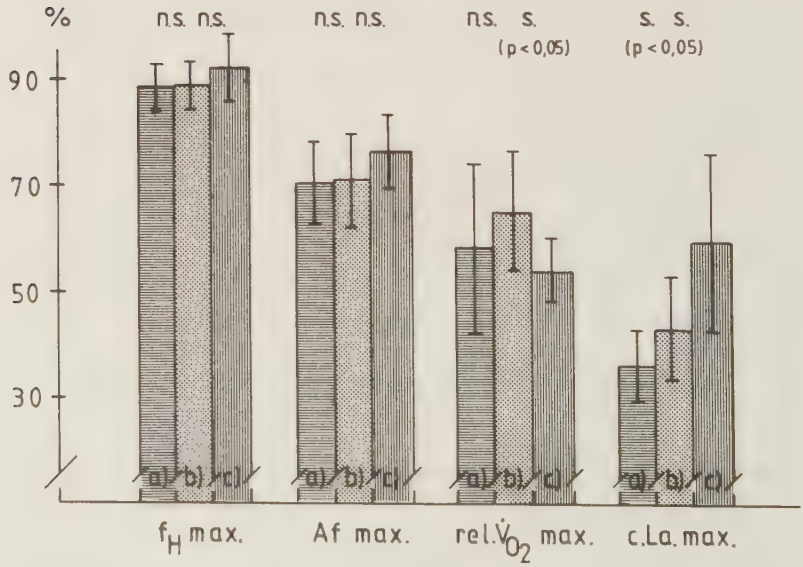

Abb 21: Maximalwerte von f_H, Af, rel.$\dot{V}_{O_2}$ und c.La. beim Klettern von a) ANW und b) SchR und c) DH in % der analogen Werte im Labor (n=7)

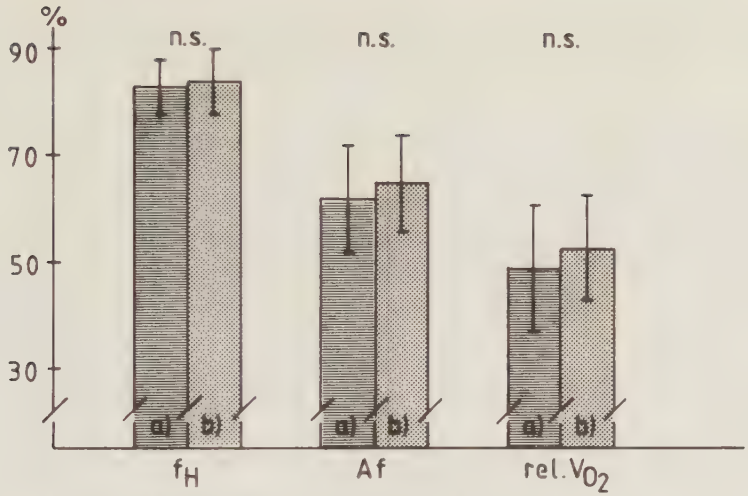

Abb.22: Mittelwerte von f_H, Af und rel.V_{O_2} beim Klettern von a) ANW und b) SchR in % der analogen Werte im Labor (n=10)

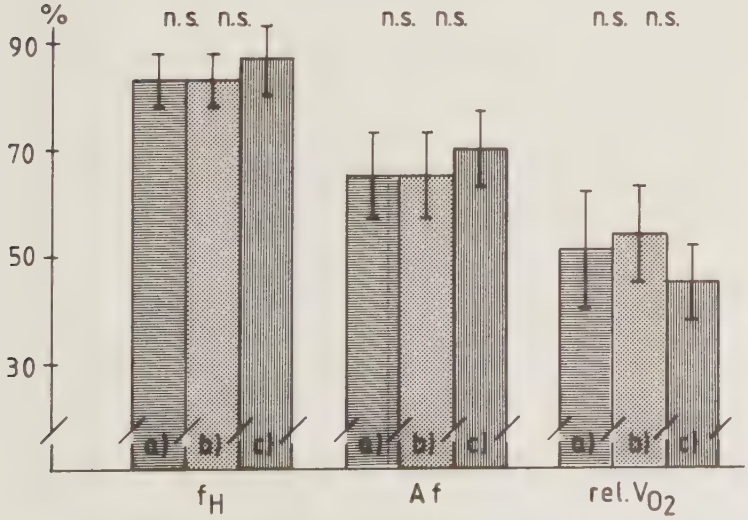

Abb.23: Mittelwerte von f_H, Af und rel.V_{O_2} beim Klettern von a) ANW, b) SchR und c) DH in % der analogen Werte im Labor (n=7)

3.3.3. Maximal- und Durchschnittswerte beim Klettern im Vergleich mit der aeroben bzw. anaeroben Schwelle

Um Aussagen über die Art des Energieumsatzes beim Bergsteigen zu ermöglichen, wurden die Maximal- und Durchschnittswerte von Herzfrequenz, Atemfrequenz und relativer Sauerstoffaufnahme beim Klettern mit der aeroben Schwelle bzw. der nach zwei Bestimmungsmethoden ermittelten anaeroben Schwelle verglichen (Tab. 19).

Die Maximal- und Mittelwerte von Herz- und Atemfrequenz und rel.$\dot{V}O_2$ lagen über der aeroben Schwelle (2 mmol Laktat/l).
Während einzelne Spitzenwerte dieser Parameter nicht eindeutig über bzw. unter der anaeroben Schwelle lagen, war die durchschnittliche Belastung beim Klettern, die in den Mittelwerten von f_H, Af und rel.$\dot{V}O_2$ zum Ausdruck kommt, unter der nach zwei Bestimmungsmethoden analysierten anaeroben Schwelle (Abb. 24).

Tab. 19: Vergleich der Maximal- und Mittelwerte f_H, Af und rel.$\dot{V}_{O_2}$ beim Klettern (ANW; n=16) mit der aeroben bzw. anaeroben Schwelle.

	Mittelwerte beim Klettern (ANW; n=16)			Mittelwerte beim Klettern (ANW; n=16)			2 mmol Laktat/1			4 mmol Laktat/1			Steigungs-winkel = 45°		
	f_H	Af	rel. $\dot{V}_{O_2}$	f_H	Af	rel. $\dot{V}_{O_2}$	f_H	Af	rel. $\dot{V}_{O_2}$	f_H	Af	rel. $\dot{V}_{O_2}$	f_H	Af	rel. $\dot{V}_{O_2}$
$\bar{x}$	172	34	29,6	160	31	25,1	141	30	19,4	163	32	34,5	184	42	45,1
$s^{\pm}$	12,30	6,70	7,14	12,60	5,50	3,97	11,21	8,94	8,89	10,52	6,76	5,56	12,91	7,74	10,45

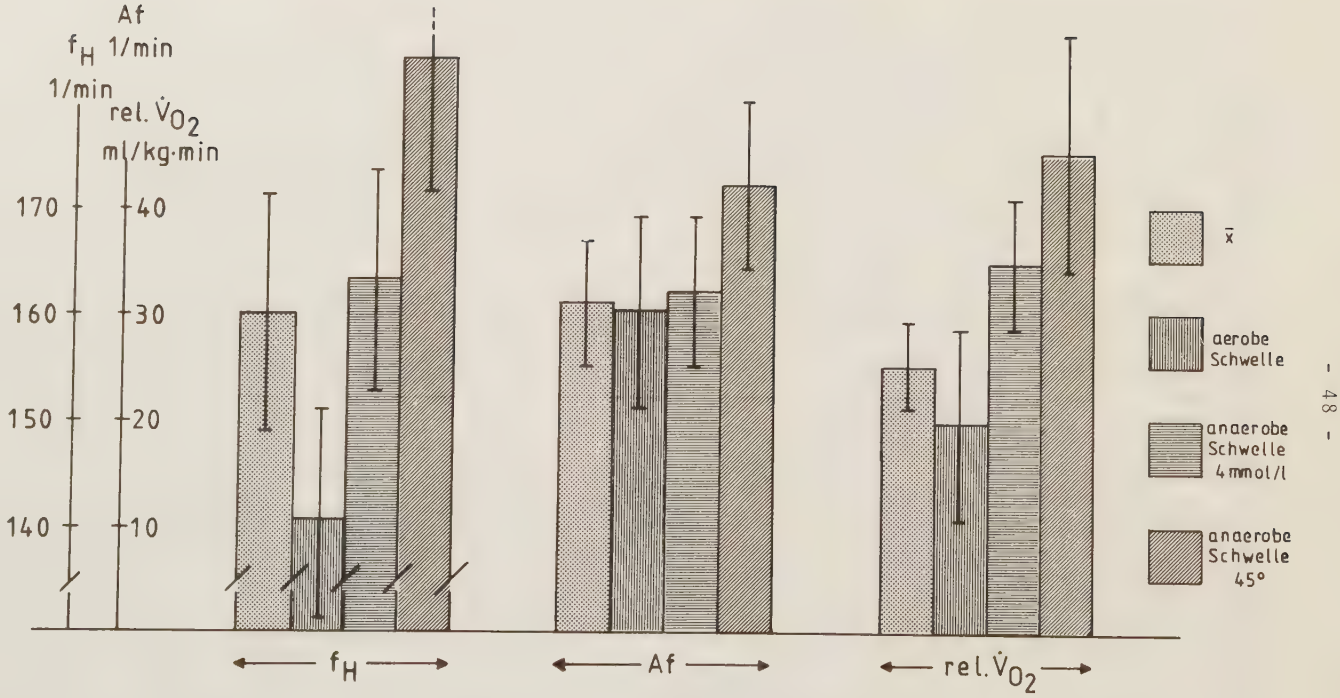

Abb. 24: Vergleich der Mittelwerte von f_H, Af und rel.$\dot{V}_{O_2}$ beim Klettern (ANW; n=16) mit den analogen Werten an der aeroben bzw. anaeroben Schwelle.

3.3.4. Vergleich der Laborleistungs-Kollektive mit der Leistung beim Klettern

Zwischen den in den verschiedenen Schwierigkeitsgraden ermittelten Funktionsgrößen ließen sich keine Unterschiede sichern. Die am ANW analysierten physiologischen Größen können somit als repräsentativ für das Verhalten dieser Größen beim Bergsteigen betrachtet werden. Im folgenden wurden diese Funktionsgrößen verschiedenen Kollektiven gegenübergestellt.

3.3.4.1. Physiologische Größen des Kollektiv 1 beim Klettern

Den Probanden des Kollektiv 1, welches nach der physikalischen Leistung gebildet wurde, wurden deren maximale und mittlere Funktionsgrößen beim Klettern gegenübergestellt.

Trotz unterschiedlicher physikalischer Leistung (aber auch nicht differenten physiologischer Größen im Labor) ließen sich weder für die Maximal- noch für die Mittelwerte Differenzen nachweisen (Tab. 20).

Tab. 20: Kollektiv 1 / Funktionsgrößen beim Klettern

	phys. Leistung		Maximalwerte/Klettern						Mittelwerte/Klettern					
	Zeit min	/ Steigung %	f_H 1/min	Af 1/min	$\dot{V}_E$ 1/min	$\dot{V}_{O_2}$ 1/min	rel. $\dot{V}_{O_2}$ ml/kg·min	Laktat mmol/l	f_H 1/min	Af 1/min	$\dot{V}_E$ 1/min	$\dot{V}_{O_2}$ 1/min	rel. $\dot{V}_{O_2}$ ml/kg·min	
P 2	1	20	158	32	49	1,9	27,9	4,0	149	31	45	1,8	26,5	
P 16	3	17,5	188	39	62	1,6	24,2	5,5	178	37	59	1,5	22,7	
P 10	2	17,5	180	41	65	1,4	23,0	7,6	159	33	53	1,1	19,0	
P 9	2	17,5	168	38	68	2,2	30,6	4,6	158	34	62	1,9	26,4	
P 3	1	17,5	145	32	49	2,1	28,0	4,6	133	30	38	1,6	21,3	
P 5	3	15	180	28	40	1,9	25,7	4,3	170	26	38	1,8	24,3	
P 14	2	15	176	31	61	2,7	36,5	5,2	167	32	52	2,3	31,1	
P 4	2	15	180	28	37	1,7	23,6	4,7	170	25	32	1,5	20,8	
$\bar{x}$	2	15	172	34	54	1,9	27,4	5,1	160	31	47	1,7	23,9	
s ±			14,12	5,04	11,74	0,40	4,48	1,12	14,39	4,0	10,82	0,35	4,10	
P 1	1	15	162	42	71	3,0	40,5	4,0	150	36	61	2,4	32,4	
P 6	3	12,5	198	34	63	2,9	36,7	5,0	187	32	57	2,4	30,4	
P 7	3	12,5	167	37	69	3,1	42,5	5,2	161	35	65	2,9	39,7	
P 11	3	12,5	174	22	49	2,8	36,4	5,2	157	20	44	2,2	28,6	
P 13	3	12,5	170	27	33	1,5	18,3	4,4	161	23	29	1,2	14,6	
P 15	3	12,5	168	31	41	1,8	31,6	4,0	153	29	37	1,6	28,1	
P 8	3	10	174	48	66	2,4	25,0	7,4	160	40	58	1,8	18,8	
P 12	3	10	164	29	65	2,4	22,4	6,9	153	25	60	2,2	20,6	
$\bar{x}$	2	12,5	172	34	57	2,5	31,7	5,3	160	30	51	2,1	26,7	
s ±			11,29	8,41	14,23	0,58	8,88	1,27	11,57	6,97	13,04	0,53	8,17	

3.3.4.2. Physiologische Größen des Kollektiv 2 beim Klettern

Im Kollektiv 2 wurden die Probanden nach der Höhe der aeroben Kapazität, welche durch die maximale relative Sauerstoffaufnahme zum Ausdruck kommt, in zwei Gruppen eingeteilt. Diesen wurden die maximalen und mittleren physiologischen Größen beim Klettern gegenübergestellt (Tab. 21). Dabei ergab sich, daß auch die unterschiedliche aerobe Kapazität sich offenbar nicht auf die Parameter beim Klettern auswirkte.

3.3.4.3. Physiologische Größen des Kollektiv 3 beim Klettern

Das Kollektiv 3 umfaßte die Probanden mit unterschiedlicher anaerober Kapazität, welche durch die Höhe des Laktatspiegels ausgedrückt wurde. Der Vergleich mit den beim Klettern analysierten Maximal- und Mittelwerten ließ erkennen, daß sich auch die unterschiedliche anaerobe Kapazität nicht auf das Verhalten physiologischer Größen beim Klettern auswirkte (Tab. 22).

3.3.4.4. Physiologische Größen des Kollektiv 4 beim Klettern

Die Höhe der anaeroben Schwelle, welche Schlüsse über den Trainingszustand der Probanden zuließ, war das Kriterium bei der Einteilung des Kollektiv 4. Die Gegenüberstellung (Tab. 23) zeigte keine Differenzen zwischen den Maximal- und Mittelwerten der Probanden beim Klettern mit hoher bzw. niedriger anaerober Schwelle.

Tab. 21: Kollektiv 2 / Funktionsgrößen beim Klettern

	max. rel.$\dot{V}_{O_2}$	Maximalwerte/Klettern						Mittelwerte/Klettern					
		f_H	Af	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	rel. $\dot{V}_{O_2}$	Laktat	f_H	Af	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	rel. $\dot{V}_{O_2}$	
		1/min	1/min	1/min	1/min	ml/ kg·min	mmol/1	1/min	1/min	1/min	1/min	ml/ kg·min	
P 3	69,3	145	32	49	2,1	28,0	4,6	133	30	38	1,6	21,3	
P 2	64,7	158	32	49	1,9	27,9	4,0	148	31	45	1,8	26,5	
P 16	60,6	188	39	62	1,6	24,2	5,5	178	37	59	1,5	22,7	
P 10	59,0	180	41	65	1,4	23,0	7,6	159	33	53	1,1	18,0	
P 13	56,1	170	27	33	1,5	18,3	4,4	161	23	29	1,2	14,6	
P 9	55,6	168	39	68	2,2	30,6	4,6	158	34	62	1,9	26,4	
P 6	53,2	198	34	63	2,9	36,7	5,0	187	32	57	2,4	30,4	
P 11	53,2	174	22	49	2,8	36,4	5,2	157	20	44	2,2	28,6	
$\bar{x}$	59,0	173	33	55	2,1	28,1	5,1	160	30	48	1,7	23,6	
s ±	5,71	16,7	6,38	11,79	0,57	6,40	1,11	16,65	5,71	11,38	0,45	5,42	
P 7	52,1	167	37	69	3,1	45,5	5,2	161	35	65	2,9	39,7	
P 14	51,4	176	31	61	2,7	36,5	5,2	167	32	52	2,3	31,1	
P 15	50,9	168	31	41	1,8	31,6	4,0	153	29	37	1,6	28,1	
P 1	47,3	162	42	71	3,0	40,5	4,0	150	36	61	2,4	32,4	
P 4	45,8	180	28	37	1,7	23,6	4,7	170	25	32	1,5	20,8	
P 5	43,2	180	28	40	1,9	25,7	4,3	170	26	38	1,8	24,3	
P 8	38,8	174	48	66	2,4	25,0	7,4	160	40	58	1,8	18,8	
P 12	36,5	164	29	65	2,4	22,4	6,9	153	25	60	2,2	20,6	
$\bar{x}$	45,8	171	34	56	2,4	31,4	5,2	161	31	50	2,1	27,0	
s ±	5,87	7,07	7,40	14,35	0,54	8,64	1,29	7,98	5,66	12,92	0,47	7,20	

Tab. 22: Kollektiv 3 / Funktionsgrößen beim Klettern

	max. Laktatspiegel	Maximalwerte/Klettern					Mittelwerte/Klettern				
		f_H	Af	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	rel. $\dot{V}_{O_2}$	f_H	Af	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	rel. $\dot{V}_{O_2}$
	mmol/l	1/min	1/min	1/min	1/min	ml/kg·min	1/min	1/min	1/min	1/min	ml/kg·min
P 13	18,2	170	27	33	1,5	18,3	161	23	29	1,2	14,6
P 7	16,1	167	37	69	3,1	42,5	161	35	65	2,9	39,7
P 5	15,9	180	28	40	1,9	25,7	170	26	38	1,8	24,3
P 8	14,9	174	48	66	2,4	25,0	160	40	58	1,8	18,8
P 16	14,4	188	39	62	1,6	24,2	178	37	59	1,5	22,7
P 1	13,9	162	42	71	3,0	40,5	150	36	61	2,4	32,4
P 3	13,7	145	32	49	2,1	28,0	133	30	38	1,6	21,3
P 6	13,6	198	34	63	2,9	36,7	187	32	57	2,4	30,4
$\bar{x}$	15,1	173	36	57	2,3	30,1	163	32	51	2,0	25,5
s ±	1,58	16,26	7,12	14,19	0,64	2,83	16,6	5,78	13,45	0,57	8,14
P 2	13,6	158	32	49	1,9	27,9	148	31	45	1,8	26,5
P 4	12,7	180	28	37	1,7	23,6	170	25	32	1,5	20,8
P 15	12,5	168	31	41	1,8	31,6	153	29	37	1,6	28,1
P 9	12,4	168	38	68	2,2	30,6	158	34	62	1,9	26,4
P 10	12,1	180	41	65	1,4	23,0	159	33	53	1,1	18,0
P 14	10,9	176	31	61	2,7	36,5	167	32	52	2,3	31,1
P 12	10,5	164	29	65	2,4	22,4	153	25	60	2,2	20,6
P 11	8,6	174	22	49	2,8	36,4	157	20	44	2,2	28,6
$\bar{x}$	11,7	171	32	54	2,1	29,0	158	29	48	1,8	25,0
s ±	1,58	7,86	5,88	11,92	0,50	5,74	7,34	4,87	10,58	0,41	4,6

Tab. 23: Kollektiv 4 / Funktionsgrößen beim Klettern

	Höhe der rel.$\dot{V}O_2$ an der anaeroben Schwelle in % der rel.$\dot{V}O_2$ max.	Maximalwerte/Klettern						Mittelwerte/Klettern					
		f_H	Af	$\dot{V}_E$	$\dot{V}O_2$	rel. $\dot{V}O_2$	Laktat	f_H	Af	$\dot{V}_E$	$\dot{V}O_2$	rel. $\dot{V}O_2$	
		1/min	1/min	1/min	1/min	ml/ kg·min	mmol/l	1/min	1/min	1/min	1/min	ml/ kg·min	
P 11	95	174	22	49	2,8	36,4	5,2	157	20	44	2,2	28,6	
P 10	95	180	41	65	1,4	23,0	7,6	159	33	53	1,1	18,0	
P 6	94	198	34	63	2,9	36,7	5,0	187	32	57	2,4	30,4	
P 15	93	168	31	41	1,8	31,6	4,0	153	29	37	1,6	28,1	
P 2	93	158	32	49	1,9	27,9	4,0	148	31	45	1,8	26,5	
P 7	92	167	37	69	3,1	42,5	5,2	161	35	65	2,9	39,7	
P 14	89	176	31	61	2,7	36,5	5,2	167	32	52	2,3	31,1	
P 1	89	162	42	71	3,0	40,5	4,0	150	36	61	2,4	32,4	
$\bar{x}$	93	173	34	59	2,5	34,4	5,0	160	31	52	2,1	29,4	
s ±	2,39	12,48	6,41	10,84	0,65	6,51	1,19	17,42	4,96	9,36	0,56	6,09	
P 4	88	180	28	37	1,7	23,6	4,7	170	25	32	1,5	20,8	
P 3	87	145	32	49	2,1	28,0	4,6	133	30	38	1,6	21,3	
P 9	85	168	38	68	2,2	30,6	4,6	158	34	62	1,9	26,4	
P 8	82	174	48	66	2,4	25,0	7,4	160	40	58	1,8	18,8	
P 16	80	188	39	62	1,6	24,2	5,5	178	37	59	1,5	22,7	
P 13	72	170	27	33	1,5	18,3	4,4	161	23	29	1,2	14,6	
P 5	72	180	28	40	1,9	25,7	4,3	170	26	38	1,8	24,3	
P 12	59	164	29	65	2,4	22,4	6,9	153	25	60	2,2	20,6	
$\bar{x}$	78	171	34	53	2,0	24,7	5,3	160	30	47	1,7	21,2	
s ±	9,88	13,07	7,42	14,43	0,35	3,67	1,20	13,66	6,32	13,99	0,30	3,56	

3.3.5. Vergleich der bergsteigerischen Erfahrung mit der Leistung im Labor bzw. beim Klettern

Die unterschiedliche Erfahrung der Probanden ließ eine Einteilung in zwei gleich große Gruppen erfahrener bzw. weniger erfahrener Bergsteiger zu. Diesen wurden neben den Maximalwerten aus dem Labor auch die beim Klettern analysierten Maximal- und Mittelwerte gegenübergestellt (Tab. 24). Dabei ließen sich keine Differenzen zwischen den Gruppen unterschiedlicher Erfahrung nachweisen. Außerdem ist zu bemerken, daß sich die bergsteigerische Erfahrung ebensowenig auf die physikalische Leistung im Labor auswirkte.

Eine Gegenüberstellung der bergsteigerischen Erfahrung mit der Kletterdauer am ANW zeigte ebenfalls keine Unterschiede zwischen den zwei Gruppen unterschiedlicher Erfahrung.

Tab. 24: Vergleich der bergsteigerischen Erfahrung mit der Leistung im Labor bzw. beim Klettern

	bergst. Erfahrung			physiol. Leistung		Maximalwerte/Labor						Maximalwerte/Klettern						Mittelwerte/Klettern				
	ANW	SchR	DH	Zeit / Steigung min	%	f_H	Af	V_E	VO_2	rel. VO_2	Laktat	f_H	Af	V_E	VO_2	rel. VO_2	Laktat	f_H	Af	V_E	VO_2	rel. VO_2
						1/min	1/min	1/min	1/min	ml/ kg min	mmol/l	1/min	1/min	1/min	1/min	ml/ kg min	mmol/l	1/min	1/min	1/min	1/min	ml/ kg min
P 1	x	x	x	1	15	172	58	147	3,5	47,3	13,9	162	42	71	3,0	40,5	4,0	150	36	61	2,4	32,4
P 2	x	x	x	1	20	201	48	121	4,4	64,7	13,6	158	32	49	1,9	27,9	4,0	148	31	45	1,8	26,5
P 4	x	x	x	2	15	198	47	94	3,3	45,8	12,7	180	28	37	1,7	23,6	4,7	170	25	32	1,5	20,8
P 6	x	(x)	x	3	12,5	212	67	148	4,2	53,2	13,6	198	34	63	2,9	36,7	5,0	187	32	57	2,4	30,4
P 9	x	x	x	2	17,5	197	51	130	4,0	55,6	12,4	168	38	68	2,2	30,6	4,6	158	34	62	1,9	26,4
P 14	x	x	x	2	15	191	50	129	3,8	51,4	10,9	176	31	61	2,7	36,5	5,2	167	32	52	2,3	31,1
P 15	x	x	x	3	12,5	194	44	94	2,9	50,9	12,5	168	31	41	1,8	31,6	4,0	153	29	37	1,6	28,1
P 16	x	x	x	3	17,5	204	46	120	4,0	60,6	14,4	188	39	62	1,6	24,2	5,5	178	37	59	1,5	22,7
$\bar{x}$				2	15	196	51	123	3,8	53,7	13,0	175	34	57	2,2	31,5	4,6	164	32	51	1,9	27,3
s $\pm$						11,68	7,60	20,60	0,50	6,43	1,11	13,52	4,81	12,60	0,57	6,12	0,59	14,04	3,85	11,43	0,39	4,06
P 5	x	x		3	15	191	52	118	3,2	43,2	15,9	180	28	40	1,9	25,7	4,3	170	26	38	1,8	24,3
P 11	x	x		3	12,5	189	31	96	4,1	53,2	8,6	174	22	49	2,8	36,4	5,2	157	20	44	2,2	28,6
P 13	x	x		3	12,5	198	54	180	4,6	56,1	18,2	170	27	33	1,5	18,3	4,4	161	23	29	1,2	14,6
P 3	x			1	17,5	190	59	157	5,2	69,3	13,7	145	32	49	2,1	28,0	4,6	133	30	38	1,6	21,3
P 7	x			3	12,5	205	63	152	3,8	52,1	16,1	167	37	69	3,1	42,5	5,2	161	35	65	2,9	39,7
P 8	x			3	10	191	53	147	3,8	38,8	14,9	174	48	66	2,4	25,0	7,4	160	40	58	1,8	18,8
P 10	x			2	17,5	180	42	121	3,6	59,0	12,1	180	41	65	1,4	23,0	7,6	159	33	53	1,1	18,0
P 12	x			3	10	169	39	123	3,9	36,5	10,5	164	29	65	2,4	22,4	6,9	153	25	60	2,2	20,6
$\bar{x}$				1	15	189	49	137	4,0	51,0	13,8	169	33	55	2,2	27,7	5,7	157	29	48	1,9	23,2
s $\pm$						10,87	10,82	26,91	0,62	11,03	3,19	11,32	8,49	13,61	0,60	7,97	1,31	10,73	6,72	12,73	0,59	7,87

4. DISKUSSION

Bergsteigen ist durch zyklische und azyklische Bewegungsabläufe gekennzeichnet und beruht wie jede motorische Leistung auf physischen und psychischen Funktionen. Der entscheidende psychische Faktor ist die Leistungsbereitschaft als komplexe Größe aus Motivation und intellektuellen Fähigkeiten. Die Überschneidung psychischer und physischer Funktionen spiegelt sich in der Koordination als Grundlage jeder Kletterleistung wieder. Diese kommt nach BAUMGARTNER und LACKNER (5) im wesentlichen durch die Anzahl der präzisen Bewegungen, die Anzahl der Konfliktbewegungen und durch die Anzahl dynamischer Bewegungen zum Ausdruck. Körperliche Voraussetzungen sind zum einen der neuromuskuläre Regelkreis, in dem Kraft und Flexibilität als Eigenschaften beim Bergsteigen besonders hervortreten. Auf der anderen Seite ist der Energiestoffwechsel von entscheidender Bedeutung. Hierbei ist die lokale und allgemeine Beanspruchung sowohl im aeroben als auch im anaeroben Bereich zu berücksichtigen.

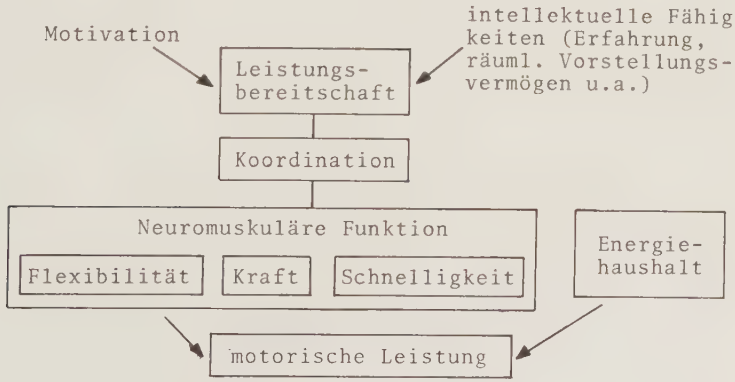

Abb. 24: Psychophysische Komponenten der motorischen Leistung

Diese verschiedenen, vermascht geregelten Funktionen waren beim Klettern bisher Inhalt nur weniger Untersuchungen. So führten SACK und NOWY (70) an zwei Bergsteigern während einer circa vierstündigen Durchsteigung der Watzmann-Ostwand mittels Telemetrie EKG-Untersuchungen durch. Außerdem bestimmten sie Blutzucker, Harnsäure, muskelspezifische Enzyme und Elektrolyte im Serum der Probanden sowie deren Blutdruck vor und nach der bergsteigerischen Leistung.

GLEISPACH (24) untersuchte an acht Sportkletterern das Verhalten von Glucose, Laktat, Kreatinin sowie das der Hormone Cortisol, STH, Testosteron, LH und FSH im Serum der Probanden vor, während und nach einer bestimmten Kletteraufgabe.

Der Einfluß psychischer und motorisch-koordinativer Fähigkeiten auf die Kletterleistung wurde von BAUMGARTNER und LACKNER (5) mittels Bewegungsablaufanalysen untersucht.

In der vorliegenden Arbeit blieben Fragen der Leistungsbereitschaft, Koordination, neuromuskulärer Funktion, hormoneller Belastung und Substratregulation weitgehend unberücksichtigt. Sie konzentrierte sich auf Quantität und Qualität der energetischen Belastung beim Bergsteigen. Dazu wurde an 16 Probanden, die aufgrund eingehender klinischer Untersuchungen mit Ausnahme eines Probanden mit leichter Anämie als gesund anzusprechen waren, während definierter Kletteraufgaben telemetrisch Parameter des aeroben Energiestoffwechsels und als Maß der aeroben Energiebereitstellung der Laktatspiegel vor und nach der bergsteigerischen Leistung gemessen. Der Vergleich der Meßergebnisse mit denen aus einer standardisierten erschöpfenden Belastung im Labor sollte über die Höhe der bergsteigerischen Belastung im Rahmen der Gesamtleistungskapazität des Individuums Auskunft geben. Weiterhin wurde untersucht, ob zwischen im Labor ermittelten, den Leistungs- bzw. Trainingszustand eines Individuums charakterisierenden Parametern und funktionellen Reaktionen beim Klettern Beziehungen bestehen. Außerdem stellte sich die Frage, ob sich die Klettererfahrung in Funktionsgrößen sowohl im Laborver-

such wie auch beim Klettern ausdrückte. Schließlich wurde dem Einfluß situativer Bedingungen beim Klettern auf physiologische Größen nachgegangen.

4.1. Diskussion der Methoden

4.1.1. Labor

Da es sich beim Bergsteigen um eine Kraft- und Ausdauerbelastung vorwiegend der Beinmuskulaturen handelt, wurde bei der erschöpfenden ergometrischen Belastung freies Gehen auf einem Laufband mit gleichbleibender Geschwindigkeit, aber mit stufenweiser Erhöhung der Steigung gewählt. Dynamische bzw. statische Arbeit der Armmuskulaturen waren dabei nicht simulierbar. Außerdem erfolgte die Belastung kontinuierlich im Gegensatz zur realen Situation, die als Intervallarbeit anzusprechen ist. Demnach wurden nur Teilbereiche der komplexen Leistung "Klettern" nachgeahmt. Aufgrund der heutigen ergometrischen Erkenntnisse (61) war aber sichergestellt, daß sowohl Quantität wie auch Qualität der simulierten muskulären Arbeit zuverlässige Aussagen über den Energiestoffwechsel im maximalen und submaximalen Bereich erlauben.
Neben der Herzfrequenz wurden die pulmonalen Funktionsgrößen Af, $\dot{V}_E$ und $\dot{V}O_2$ mit dem offenen Spirometersystem "Ergo-Pneumotest" (Fa. JAEGER, Würzburg) kontinuierlich analysiert. Laut Angaben der Herstellerfirma (42) muß bei der Bestimmung von $\dot{V}_E$ und $\dot{V}O_2$ mit einem Fehler von fünf Prozent gerechnet werden, wohingegen die Herz- und Atemfrequenz präzise wiedergegeben werden.
Laktatspiegelanalysen in Ruhe und während der Belastung dienten zur Charakterisierung der anaeroben Kapazität sowie zur Charakterisierung der aeroben und anaeroben Schwellen. Während des Zeitraumes der Untersuchungen wurde mit einem Kontrollmaterial die Genauigkeit der Laktatbestimmung

analysiert. Demnach muß mit einem Fehler von zwei Prozent gerechnet werden.
Die theoretisch wohlbegründete (30, 34, 36, 39, 79) Differenzierung des aeroben und anaeroben Stoffwechsels mit Übergangsbereichen stößt in der Praxis auf Schwierigkeiten der Bestimmung, da indirekt aus Blut- bzw. ventilatorischen Parametern auf muskuläre Funktionsänderungen rückgeschlossen wird. Während die Festlegung der aeroben Schwelle gesichert ist (23, 48, 51, 52, 59, 78), werden Analyseverfahren der anaeroben Schwelle noch diskutiert (23, 44, 46, 48, 49, 51, 52, 59, 63, 64, 74, 78). Aus diesem Grunde verwendeten wir zur Bestimmung von Funktionsgrößen an der anaeroben Schwelle zwei einfache Methoden (48, 52, 74). Die empirisch gefundene Methode "4 mmol Laktat/l" bietet die Gewähr, daß sie für ein Kollektiv von Untrainierten bei Fahrrad- oder Laufbandergometerbelastung zutrifft (48, 52). Den individuellen Bedingungen von Trainierenden scheint die Methode von SIMON (74) besser gerecht zu werden. Bei dem Vergleich beider Bestimmungsmethoden stellten wir erhebliche Differenzen der Funktionsgrößen fest. Mit dem Verfahren "Steigungswinkel der Laktatkurve = 45°" lagen sämtliche Werte signifikant höher. Aufgrund unserer Ergebnisse kann nicht entschieden werden, welche der Methoden exakt die anaerobe Schwelle wiederspiegelt. Möglicherweise hat die von uns gewählte Arbeitsform einen Einfluß auf die Schwellencharakteristik. Auf unsere Überlegungen aber, in welchen energetischen Bereich die Belastung beim Klettern einzuordnen ist, hat diese Problematik, wie später gezeigt wird, keinen Einfluß.

Wie später noch gezeigt wird, ist mit der Analyse des Energiestoffwechsels das bergsteigerische Können nicht zu charakterisieren. Es scheint, daß Faktoren wie die Motivation, die Koordination und die neuromuskulären Funktionen wesentlich mehr die komplexe Leistung "Klettern" ausmachen.

Rückblickend betrachtet hätten diese Größen mehr Beachtung

verdienen sollen und es wäre vorstellbar gewesen, diese zumindest ansatzweise zu analysieren. Die Koordination hätte beispielsweise durch einen manuellen Geschicklichkeitstest beim Gehen auf dem Laufband objektiviert werden können um dann diese Ergebnisse mit dem bergsteigerischen Können zu vergleichen. Diese Einsicht konnten wir jedoch erst bei der Analyse der erhobenen Daten gewinnen, ergänzende Untersuchungen hätten jedoch große technische und organisatorische Probleme bereitet. So mußten wir uns in der vorliegenden Arbeit, wie schon erwähnt, auf die Quantität und Qualität der energetischen Belastung beim Klettern konzentrieren.

4.1.2. Klettern

Kardiopulmonale und metabolische Funktionsgrößen wurden aus Sicherheitsgründen grundsätzlich am Seilzweiten bestimmt. Aufgrund dieser Sicherheitsvorkehrungen ist anzunehmen, daß zwar die psychische, nicht aber die körperliche Belastung des Seilzweiten geringer war als die des Seilersten. Die individuelle Klettergeschwindigkeit wurde allein vom Bergsteiger bestimmt und spiegelte demnach das Können wieder. Die durchschnittlichen Kletterzeiten (ANW: 11,1 min, SchR: 10,7 min, DH: 8,1 min) zeigten, daß es sich um kurzfristige Belastungen handelte. Somit wurde nur die aerobe Kurzzeitausdauer und nicht die Langzeitausdauer erfaßt (36). Dadurch sind Übertragungen unserer Ergebnisse auf langdauernde Bergtouren nicht vorbehaltlos möglich. Korrelationen mit der etwa gleich langen Laufbandbelastung sind jedoch gerechtfertigt. Durch die angeschlossenen Meßwertaufnehmer und den Transport der Apparate sind Rückwirkungen auf physische Parameter denkbar. Die Atemmaske führte bei einem Teil der Probanden laut deren Angaben zu Sichtbehinderungen. Inwieweit Leistungsgrößen dadurch beeinträchtigt wurden, muß offen bleiben.
Die Herzfrequenz wurde durch Auszählen der über eine bipo-

lare Ableitung ermittelten Herzaktionen pro Minute analysiert. Dabei wurden kurzfristige Spitzenwerte über wenige Sekunden, wie sie durch psychische Belastung denkbar sind (6), nicht erfaßt.
Mit dem "t-OXYCON" (Fa. MIJNHARDT, Holland) wurden $\dot{V}_E$ und ΔO_2 kontinuierlich analysiert. In Übereinstimmung mit Werksangaben (31) und nach BEIER (6) ergab die Überprüfung der Meß- und Anzeigegenauigkeit der Gasuhr und des O_2-Analysators bei Eichversuchen Ergebnisse mit einem Fehler bis zu fünf Prozent.
Die Einstellzeit des O_2-Analysators, d.h. die Zeit bis der optimale Wert erreicht wurde, war wesentlich von der Durchflußrate abhängig. Bei geringen Durchflußraten (10-20 l/min = 5-10 l/min exspiratorisches AMV) war zu erwarten, daß sich die Einstellzeit bis maximal zwei Minuten verlängerte (17). Da bei den untersuchten Probanden durchschnittlich wesentlich höhere Durchflußraten ermittelt wurden (ANW: 99,2 l/min, SchR: 97,0 l/min, DH: 90,0 l/min), konnte man davon ausgehen, daß die Einstellzeit kürzer als die Funktionsänderung in der Zeiteinheit war.
Zur Laktatbestimmung wurden vor und nach der kardiopulmonalen Analyse beim Klettern Kapillarblut aus dem hyperämisierten Ohrläppchen entnommen. Der Wert "vor" entsprach nicht einem Ruhewert, da bereits bis zum Einstieg Geharbeit geleistet wurde. Die an Ort und Stelle enteiweißten, zentrifugierten und abpipettierten Seren wurden bis zur weiteren Analyse im Labor durchschnittlich 24 Stunden gekühlt gelagert. Dieses Vorgehen hat keinen Einfluß auf die Analysegenauigkeit.

4.2. Diskussion der Ergebnisse

Obwohl bei der Kletterarbeit insbesondere in hohen Schwierigkeitsgraden erfahrungsgemäß grenzwertige Belastungen auftreten, spiegelt sich dies nicht in unseren kardialen,

pulmonalen oder metabolischen Parametern wider. Die bei einer standardisierten Ergometerbelastung analysierten individuellen Maximalwerte wurden in keinem Fall bei unseren Probanden während des Kletterns erreicht. Selbst die Zunahme des Schwierigkeitsgrades wirkte sich nicht auf die maximalen Herz- und Atemfrequenzen aus. Lediglich im Stoffwechsel wies eine Abnahme der Sauerstoffaufnahme und eine Zunahme des Laktatwertes nach der Belastung auf eine Verschiebung vom aeroben zum anaeroben Energieumsatz hin. Dies konnte jedoch nur festgestellt werden, wenn nicht die durchschnittlichen Maximalwerte sondern die an der individuellen Leistungskapazität gemessene Beanspruchung analysiert wurde. Die durchschnittlichen maximalen Funktionsgrößen unterschieden sich weder bei dem inter- noch bei den sinnvolleren intraindividuellen Vergleich.

Die maximalen Herzfrequenzen lagen zwischen 172 und 180 Schlägen in der Minute entsprechend 88 bis 92 % der analogen Maximalwerte im Labor. Ähnliche Herzfrequenzen wurden auch von SACK und NOWY (70) bei einer seiner zwei Versuchspersonen festgestellt. Sie bewegen sich insgesamt in Bereichen, wie sie in Sportarten mit unterschiedlichster qualitativer Belastung (36) telemetrisch festgestellt wurden. Die maximalen Atemfrequenzen beim Klettern bewegten sich zwischen 32 und 37 Atemzügen in der Minute entsprechend 67 bis 76 %, die maximalen relativen Sauerstoffaufnahmen zwischen 29,3 und 33,4 ml/min · kg, entsprechend 53 bis 65 % der analogen Werte im Labor. Vergleiche der Atemfrequenzen und Sauerstoffaufnahmen der Probanden sind nicht möglich, da unseren Wissens langfristige Untersuchungen dieser pulmonalen Parameter bei anderen Sportarten bisher nicht durchgeführt wurden. Die maximalen Laktatkonzentrationen beim Klettern erreichten Werte zwischen 5,2 und 7,2 mmol/l, was zwischen 36 und 59 % der im Labor analysierten Maximalwerte entspricht. Damit liegen sie in Bereichen, wie sie von KINDERMANN (51) bei Skilangläufern, Bobfahrern und Fallschirmspringern beobachtet wurden.

Unter der Vorstellung, daß Herz- und Atemfrequenz als physiologische Größen die psychische Belastung zumindest andeuten können, erwarteten wir besondere Spitzenwerte an gefährlichen Stellen. In Übereinstimmung mit SACK und NOWY (70) konnten jedoch auch wir beobachten, daß Maximalwerte nicht an als gefährlich zu wertenden Stellen der Touren erreicht wurden. Auch die maximalen Atemminutenvolumina und Sauerstoffaufnahmen als dominant metabolisch geregelte Größen ließen keine Zuordnung zu bestimmten Situationen erkennen. Die situativen Bedingungen waren demnach für jeden einzelnen Probanden unterschiedlich. Lediglich am "Schiefen Riß" zeichnete sich eine Kumulation der Maximalwerte von $\dot{V}_E$ und $\dot{V}O_2$ am Ende der zweiten Seillänge ab. Dieser Teil wurde nach Angaben der Probanden als leicht empfunden und demzufolge schneller durchklettert.
Die durchschnittliche Belastung während der Kletterzeit lag bezüglich der Herzfrequenz zwischen 160 und 170 Schlägen in der Minute entsprechend 83 bis 87 % der analogen Maximalwerte im Labor. Die mittlere Atemfrequenz lag zwischen 31 und 34 Atemzügen in der Minute entsprechend 62 bis 80 %, die mittlere relative Sauerstoffaufnahme zwischen 24,7 und 27,7 ml/min · kg entsprechend 45 bis 54 % der analogen Maximalwerte im Labor.

Diese mittleren Leistungsparameter beim Klettern unterschieden sich weder bei dem inter- noch bei dem intraindividuellen Vergleich. Es ließen sich keine Unterschiede der durchschnittlichen Funktionsgrößen während des Kletterns in verschiedenen Schwierigkeitsgraden feststellen.

Im Vergleich zu den bei der Spiroergometrie ermittelten aeroben und anaeroben Schwellenwerten war die energetische Belastung beim Klettern größer als es der aeroben Schwelle entsprach. Die Maximalwerte lagen mit wenigen Ausnahmen über der anaeroben, im Durchschnitt jedoch regelmäßig unter der nach beiden Verfahren bestimmten anaeroben Schwelle. Sämtliche durchschnittliche Belastungen waren im aerob-

anaeroben Übergangsbereich einzuordnen. Demnach spielt sich "Klettern" weitestgehend unabhängig vom Schwierigkeitsgrad in einem Belastungsbereich ab, der von präventiven Trainingsüberlegungen her für die Verbesserung des aeroben Metabolismus und seiner einzelnen Regelkreise bedeutsam ist.

Es wäre zu erwarten gewesen, daß sich der unterschiedliche Leistungs- und Trainingszustand der Probanden sowohl in differenten funktionellen Werten auf dem Laufband wie auch beim Klettern widerspiegelt. Deshalb stellten wir Vergleiche zwischen Kollektiven, die sich in bestimmten Leistungskriterien unterschieden, an. Die Gruppen mit hoher bzw. niedriger physikalischer Maximalleistung unterschieden sich in ihren maximalen Funktionsgrößen im Labor auffälligerweise nicht. Ebensowenig ließen sich Unterschiede in den Ergebnissen beim Klettern sichern. Probanden mit hoher bzw. niedriger aerober sowie anaerober Kapazität und anaerober Schwelle unterschieden sich nicht in maximalen Funktionsgrößen beim Klettern. Demnach besteht zwischen den im Labor anhand von Parametern, die den Energiestoffwechsel betreffen, bestimmten Leistungs- und Trainingszustand und funktionellen Größen beim Klettern kein Zusammenhang.
Es ist zu vermuten, daß einerseits der Koordination eine entscheidende Bedeutung zukommt. Möglicherweise erklärt sie auch, daß maximale physikalische Leistung und energetische Parameter auf dem Laufband nicht zusammenhängen. Andererseits konnte Kraft als wesentlich beanspruchte Größe beim Klettern nicht beurteilt werden.

Bei der Einteilung der Probanden nach bergsteigerischem Können wurde schließlich erwartet, daß sich der Erfahrungs- und Trainingsgrad sowohl auf dem Laufband als auch beim Klettern widerspiegelt. In unserem Kollektiv kam die bessere bergsteigerische Erfahrung nicht in einer kürzeren Kletterdauer zum Ausdruck, welche von BAUMGARTNER und

LACKNER (5) unter anderem als Kriterium der Kletterleistung betrachtet wird.
Die Probanden mit unterschiedlichem Können wiesen wider Erwarten weder im Labor noch beim Klettern selbst eindeutige Differenzen in den von uns gemessenen Parametern auf.

Unsere Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß bergsteigerisches Können bzw. Erfahrung nicht mit Leistungskomponenten, die den Energiehaushalt charakterisieren, erfaßbar sind. In diesem Zusammenhang sind die Ergebnisse von HARTMANN (27) erwähnenswert, der im Rahmen eines alpinen Hochleistungtests, bei dem Stoffwechseluntersuchungen im Zusammenhang mit einer genau definierten Ernährung im Vordergrund standen, bei fünf von sechs Teilnehmern eine belastete Anamnese feststellte. Die Angaben reichten von Morbus Scheuermann, Asthma bronchiale, Colon irritable bis zu aktiver Psoriasis. Trotzdem schlossen diese Leiden bergsteigerische Maximalleistungen nicht aus. Vermutlich sind für die komplexe Leistung "Klettern" die Motivation, Koordination und neuromuskuläre Funktionen von größerer Bedeutung als der sicherlich eine notwendige Voraussetzung darstellende Energiestoffwechsel.

5. ZUSAMMENFASSUNG

An 16 männlichen, unterschiedlich erfahrenen Bergsteigern wurden bei erschöpfender Laufbandergometerbelastung im Labor und in engem zeitlichen Zusammenhang beim Klettern in verschiedenen Schwierigkeitsgraden pulmonale, kardiale und metabolische Parameter bestimmt. Der Vergleich der Meßergebnisse sollte über die Höhe der bergsteigerischen Belastung im Rahmen der Gesamtleistungskapazität des Individuums Auskunft geben.

1) Die bei einer der motorischen Belastung beim Bergsteigen am ehesten entsprechenden Laufbandergometerbelastung analysierten Maximalwerte wurden beim Klettern in keinem Falle erreicht. Selbst die Zunahme des Schwierigkeitsgrades wirkte sich nicht auf die kardiopulmonalen und metabolischen Funktionsgrößen beim Klettern aus.

2) Ebensowenig ließen sich Unterschiede der durchschnittlichen Funktionsgrößen während des Kletterns in verschiedenen Schwierigkeitsgraden feststellen.

3) Die Maximalwerte beim Klettern lagen mit wenigen Ausnahmen über der nach zwei Methoden bestimmten anaeroben Schwelle; sämtliche durchschnittlichen Belastungen waren jedoch im aerob-anaeroben Übergangsbereich einzuordnen. Demnach spielt sich "Klettern" in einem Belastungsbereich ab, der von präventiven Trainingsüberlegungen her für die Verbesserung des aeroben Metabolismus und seiner einzelnen Regelkreise bedeutsam ist.

4) Der Einfluß situativer Bedingungen beim Klettern auf physiologische Größen war bei jedem einzelnen Probanden unterschiedlich.

5) Das Klettern-"Können" spiegelt sich nicht in Funktionsgrößen sowohl im Laborversuch wie auch beim Klettern

wider. Vergleiche zwischen Kollektiven, die sich in bestimmten Laborleistungskriterien unterschieden, mit den beim Klettern analysierten Parametern ließen erkennen, daß zwischen der im Labor bestimmten maximalen physikalischen Leistung, der aeroben bzw. anaeroben Kapazität und der rel. Höhe der anaeroben Schwelle und funktionellen Größen beim Klettern kein Zusammenhang besteht.

6) Ebensowenig ließ eine Einteilung der Probanden nach deren Können eindeutige Differenzen der Parameter weder im Labor noch beim Klettern erkennen.

Unsere Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß bergsteigerisches Können bzw. Erfahrung nicht mit Leistungskomponenten, die den Energiehaushalt charakterisieren, erfaßbar sind. Vermutlich sind die Motivation, Koordination und neuromuskulären Funktionen von größerer Bedeutung als der sicherlich eine notwendige Voraussetzung darstellende Energiestoffwechsel.

6. VERWENDETE ABKÜRZUNGEN

AAP	Arbeitsanlaufphase
Af	Atemfrequenz
ANW	Adolf-Niklas-Weg
BTPS	Body temperature pressure saturated
c.La.	Laktatkonzentration
DH	Dicker Hund
f_H	Herzfrequenz
gK	gesamte Kletterzeit
K_{BS}	Korrekturfaktor BTPS - STPD
n	Zahl der Glieder
n.s.	nicht signifikant
P	Proband
% O_2 bzw. ΔO_2	in-/exspiratorische Sauerstoffdifferenz
rel. $\dot{V}_{O_2}$	relative Sauerstoffaufnahme
s.	signifikant
s	Standardabweichung
Sch R	Schiefer Riß
SL	Seillänge
STPD	Standard temperature pressure dry
Tiff	Tiffeneau
$\dot{V}_E$ bzw. AMV	Atemminutenvolumen
VK	Vitalkapazität
$\dot{V}O_2$	Sauerstoffaufnahme
x	Einzelwert
$\bar{x}$	Mittelwert

7. TABELLENANHANG

7.1. Ergebnisse der Laboruntersuchungen

min	Laufband		f_H	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	Af	Laktat	rel. $\dot{V}_{O_2}$
	km/h	Steig. %	1/min	1/min	1/min	1/min	mmol/l	ml/kg min
Proband 1								
Ruhe	-	-	65	8,3	0,3	20	1,37	4,1
3.	8	0	139	68,0	2,0	37	6,80	27,0
3.	8	5	157	91,8	2,7	40	7,69	36,5
3.	8	7,5	157	107,5	2,9	42	9,87	39,2
3.	8	10	170	133,3	3,2	55	10,69	43,2
1.	8	15	172	146,7	3,5	57	13,86	47,3
+3	-	-	92	33,8	0,4	38	-	
+5	-	-	87	25,0	0,5	27	-	
Proband 2								
Ruhe	-	-	81	9,5	0,3	17	1,35	4,4
3.	8	0	135	53,4	2,4	28	4,30	35,3
3.	8	5	150	58,3	2,4	31	4,22	35,3
3.	8	7,5	167	74,6	2,9	34	5,88	42,6
3.	8	10	177	85,0	3,4	31	7,12	50,0
3.	8	12,5	184	88,7	3,8	35	-	55,9
3.	8	15	194	96,6	3,9	34	9,50	57,4
3.	8	17,5	200	113,4	4,1	44	12,07	60,3
1.	8	20	201	118,0	4,4	48	13,40	64,7
+3	-	-	123	38,8	0,9	24	13,58	
+5	-	-	117	30,6	0,7	24	13,38	
Proband 3								
Ruhe	-	-	76	10,4	0,4	29	1,50	5,2
3.	8	0	146	73,5	2,7	38	4,48	36,0
3.	8	5	168	99,8	3,4	37	5,42	45,3
3.	8	7,5	165	107,3	3,6	40	6,74	48,0
3.	8	10	170	148,0	4,6	49	8,90	61,3
3.	8	12,5	183	142,3	4,5	53	9,90	60,0
3.	8	15	190	155,7	4,4	59	12,80	58,7
1.	8	17,5	188	156,7	4,6	56	13,73	61,3
+3	-	-	109	34,2	0,8	27	11,81	
+5	-	-	108	28,1	0,7	36	10,79	

min	Laufband		f_H	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	Af	Laktat	rel. $\dot{V}_{O_2}$
	km/h	Steig. %	1/min	1/min	1/min	1/min	mmol/l	ml/kg min
Proband 4								
Ruhe	-	-	77	9,6	0,3	18	1,49	4,2
3.	8	0	156	45,5	1,6	46	4,22	22,2
3.	8	5	175	66,2	2,5	35	5,03	34,7
3.	8	7,5	186	74,6	2,7	40	6,78	37,5
3.	8	10	195	91,6	3,1	44	10,04	43,1
3.	8	12,5	196	90,0	3,1	44	11,38	43,1
2.	8	15	198	94,2	3,3	47	12,29	45,8
+3	-	-	125	29,4	0,6	28	12,71	
+5	-	-	117	20,5	0,5	26	11,90	
Proband 5								
Ruhe	-	-	64	8,8	0,3	22	1,25	4,1
3.	8	0	154	40,8	1,7	37	4,84	23,0
3.	8	5	171	65,0	2,3	36	6,79	31,1
3.	8	7,5	179	75,4	2,4	41	7,77	32,4
3.	8	10	186	95,7	2,8	49	9,63	37,8
3.	8	12,5	185	102,1	3,0	48	11,58	40,5
3.	8	15	191	117,7	3,2	52	15,94	43,2
+3	-	-	112	42,8	0,8	30	13,40	
+5	-	-	111	33,1	0,6	41	14,42	
Proband 6								
Ruhe	-	-	55	-	0,3	25	1,50	3,8
3.	8	0	168	-	2,4	34	4,01	30,4
3.	8	5	190	77,1	2,8	37	5,84	35,4
3.	8	7,5	200	105,3	3,4	47	9,27	43,0
3.	8	10	209	137,3	4,0	57	10,94	50,6
3.	8	12,5	211	140,8	3,9	66	-	49,4
+3	-	-	120	43,1	0,8	36	13,40	
+5	-	-	118	38,6	0,8	34	13,60	
Proband 7								
Ruhe	-	-	69	11,6	0,3	18	2,43	4,1
3.	8	0	149	75,5	2,4	33	4,37	32,9
3.	8	5	168	99,2	2,8	43	6,50	38,4
3.	8	7,5	182	118,0	3,1	49	8,86	42,4
3.	8	10	189	135,3	3,5	52	11,70	47,9
3.	8	12,5	195	151,7	3,8	63	14,40	52,1
+3	-	-	114	52,0	0,9	35	16,09	
+5	-	-	103	31,0	0,6	26	14,89	

min	Laufband		f_H	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	Af	Laktat	rel. $\dot{V}_{O_2}$
	km/h	Steig. %	1/min	1/min	1/min	1/min	mmol/l	ml/kg min
Proband 8								
Ruhe	-	-	75	9,0	0,3	14	2,12	3,1
3.	8	0	152	68,1	2,5	31	4,49	26,0
3.	8	5	175	117,0	3,2	44	8,79	33,3
3.	8	7,5	183	134,8	3,7	49	11,94	38,5
3.	8	10	191	146,5	3,8	53	14,88	39,6
+3	-	-	115	45,8	0,8	40	14,65	
+5	-	-	110	35,9	0,6	25	13,72	
Proband 9								
Ruhe	-	-	92	10,9	0,3	20	1,89	4,2
3.	8	0	152	66,6	2,5	22	-	34,7
3.	8	5	168	82,5	2,9	31	5,41	40,3
3.	8	7,5	160	85,0	3,2	31	6,57	44,4
3.	8	10	177	90,5	3,3	29	6,62	45,8
3.	8	12,5	183	100,7	3,7	49	8,90	51,4
3.	8	15	194	126,6	3,9	48	10,31	54,2
2.	8	17,5	197	130,4	4,0	51	11,78	55,6
+3	-	-	112	34,4	0,7	27	12,41	
+5	-	-	104	27,4	0,6	24	11,50	
Proband 10								
Ruhe	-	-	85	23,9	0,4	14	2,36	6,6
3.	8	0	133	45,8	1,9	25	6,41	31,1
3.	8	5	150	60,7	2,3	31	7,63	37,7
3.	8	7,5	162	68,1	2,5	30	8,25	41,0
3.	8	10	169	82,2	2,8	35	9,66	45,9
3.	8	12,5	170	85,2	2,9	29	9,98	47,5
3.	8	15	177	98,2	3,3	33	10,93	54,1
2.	8	17,5	180	121,3	3,6	40	12,09	59,0
+3	-	-	119	28,4	0,7	29	12,08	
+5	-	-	115	20,3	0,5	17	10,18	
Proband 11								
Ruhe	-	-	74	7,5	0,3	11	1,09	3,9
3.	8	0	142	53,8	2,4	19	2,69	31,2
3.	8	5	158	62,2	2,7	25	4,50	35,1
3.	8	7,5	172	77,4	3,4	23	5,45	44,2
3.	8	10	179	78,8	3,5	21	5,67	45,5
3.	8	12,5	189	96,2	3,9	27	8,56	50,6
+3	-	-	105	20,5	0,5	15	8,47	
+5	-	-	106	17,9	0,5	19	-	

min	Laufband km/h	Laufband Steig. %	f_H 1/min	$\dot{V}_E$ 1/min	$\dot{V}_{O_2}$ 1/min	Af 1/min	Laktat mmol/l	rel. $\dot{V}_{O_2}$ ml/kg min
Proband 12								
Ruhe	-	-	71	8,4	0,3	14	1,10	2,8
3.	8	0	154	66,4	2,7	21	3,10	25,2
3.	8	5	162	93,3	3,1	31	5,91	29,0
3.	8	7,5	166	104,4	3,2	36	8,94	29,9
3.	8	10	169	122,8	3,9	39	10,54	36,4
+3	-	-	117	35,8	0,7	18	10,12	
+5	-	-	109	33,3	0,6	21	10,51	
Proband 13								
Ruhe	-	-	99	19,8	0,5	20	1,96	6,1
3.	8	0	159	66,8	2,6	26	3,13	31,7
3.	8	5	170	76,9	3,0	25	5,14	36,6
3.	8	7,5	185	119,1	3,7	33	6,40	45,1
3.	8	10	191	141,4	4,2	37	10,75	51,2
3.	8	12,5	198	179,1	4,5	54	14,06	54,9
+3	-	-	127	41,9	0,9	32	18,21	
+5	-	-	117	39,4	0,8	25	8,86	
Proband 14								
Ruhe	-	-	69	8,2	0,2	15	0,98	2,7
3.	8	0	145	55,4	2,1	47	3,52	28,4
3.	8	5	160	65,8	2,4	40	3,98	32,4
3.	8	7,5	170	75,6	2,8	41	5,27	37,8
3.	8	10	180	93,1	3,4	44	5,91	45,9
3.	8	12,5	185	116,4	3,4	41	9,72	45,9
2.	8	15	191	128,8	3,8	46	10,34	51,4
+3	-	-	113	34,6	0,7	21	10,17	
+5	-	-	104	24,9	0,6	21	10,86	
Proband 15								
Ruhe	-	-	76	10,2	0,3	19	1,52	5,3
3.	8	0	157	39,8	1,9	30	4,52	33,3
3.	8	5	172	60,0	2,3	30	6,20	40,4
3.	8	7,5	187	68,3	2,1	34	9,35	36,8
3.	8	10	186	78,9	2,7	37	10,92	47,4
3.	8	12,5	194	94,0	2,9	44	12,48	50,9
+3	-	-	109	24,1	0,5	24	12,42	
+5	-	-	104	17,9	0,4	20	9,40	

min	Laufband		f_H	$\dot{V}_E$	$\dot{V}O_2$	Af	Laktat	rel. $\dot{V}O_2$
	km/h	Steig. %	1/min	1/min	1/min	1/min	mmol/l	ml/kg min
Proband 16								
Ruhe	-	-	101	8,2	0,3	22	3,63	4,5
3.	8	0	156	51,8	2,1	48	5,12	31,8
3.	8	5	174	68,8	2,5	35	6,60	37,9
3.	8	7,5	179	78,5	2,7	28	7,22	40,9
3.	8	10	183	95,1	3,0	35	8,21	45,5
3.	8	12,5	191	101,4	3,3	46	9,43	50,0
3.	8	15	198	116,9	3,7	36	11,67	56,1
3.	8	17,5	204	119,9	4,0	39	14,40	60,6
+3	-	-	131	34,9	0,7	26	12,77	
+5	-	-	122	26,0	0,6	25	13,54	

7.2. Ergebnisse der Untersuchungen beim Klettern

Proband 1: Adolf-Niklas-Weg

Zeit	f_H	% O_2	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	Af
min	1/min		1/min	1/min	1/min
1	90	3,4	18,9	0,5	22
2	81	4,1	17,5	0,6	20
3	78	3,8	13,5	0,4	19
4	114	4,3	32,5	1,1	24
5 .	144	5,2	58,9	2,5	33
6 .	148	5,1	62,1	2,6	35
7 .	144	4,7	61,8	2,4	34
8 .	150	4,4	53,0	1,9	32
9 .	132	4,5	49,4	1,8	33
10 .	132	4,5	56,6	2,1	37
11 .	148	4,8	56,8	2,2	36
12 .	144	5,3	47,3	2,1	31
13 .	126	4,9	51,9	2,1	35
14	112	4,4	49,2	1,8	40
15	102	4,0	37,4	1,2	34
16	96	3,8	34,0	1,1	34
17	90	3,8	29,9	0,9	35
18	96	4,0	27,1	0,9	29
19	96	4,2	26,9	0,9	29
20	92	4,1	28,3	1,0	32
21	94	3,8	23,5	0,7	28
22	96	3,9	21,5	0,7	26
23	120	4,1	22,5	0,8	27
24	102	3,8	28,5	0,9	28
25	140	4,2	48,2	1,7	36
26 .	162	4,7	65,0	2,5	37
27 .	158	5,1	70,8	3,0	42
28 .	156	4,4	63,0	2,3	38
29	159	4,7	63,1	2,4	35
30	126	4,2	58,0	2,0	32
31	120	3,5	41,0	1,2	31

Proband 1: Schiefer Riß

Zeit min	f_H 1/min	% O_2	$\dot{V}_E$ 1/min	$\dot{V}_{O_2}$ 1/min	Af 1/min
1	99	3,1	19,9	0,5	31
2	78	4,2	13,9	0,5	24
3	93	3,5	19,7	0,6	28
4	135	4,4	35,4	1,0	27
5 .	138	5,5	53,2	2,4	32
6 .	144	5,3	54,3	2,4	34
7 .	144	4,8	57,6	2,3	33
8 .	148	4,7	59,8	2,3	35
9 .	150	4,7	57,8	2,2	35
10 .	148	4,8	55,2	2,2	35
11 .	138	5,2	51,9	2,2	34
12	124	4,8	50,0	2,0	35
13	114	4,5	34,4	1,3	32
14	108	4,2	33,1	1,1	34
15	93	3,9	28,2	0,9	34
16	90	4,0	30,7	1,0	35
17	96	4,8	29,5	1,2	35
18	87	4,2	26,3	0,9	33
19	93	4,1	27,4	0,9	28
20	90	4,0	21,8	0,7	27
21	87	3,4	20,7	0,6	29
22	90	3,8	21,1	0,7	27
23	96	4,0	29,0	1,0	31
24 .	123	4,3	43,2	1,5	34
25 .	126	4,5	47,3	1,7	34
26 .	126	5,2	54,3	2,3	36
27 .	138	5,4	62,0	2,7	36
28 .	144	5,1	59,3	2,5	32
29	108	4,8	50,6	2,0	28
30	102	4,2	36,0	1,2	30
31	96	3,8	31,3	1,0	31

Proband 1: Dicker Hund

Zeit	f_H	% O_2	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	Af
min	1/min		1/min	1/min	1/min
1	93	2,7	26,0	0,6	26
2	87	2,6	19,8	0,4	26
3	84	2,9	19,8	0,5	25
4	120	2,7	43,3	1,0	32
5	138	3,9	56,5	1,8	35
6 .	150	4,2	59,2	2,0	42
7 .	150	3,4	65,4	1,8	43
8 .	141	3,1	65,3	1,7	40
9 .	135	3,2	55,9	1,5	39
10 .	138	3,4	67,7	1,9	44
11 .	141	3,3	57,6	1,6	42
12 .	138	3,3	63,3	1,7	42
13 .	144	3,8	54,9	1,7	44
14 .	132	3,0	56,0	1,4	42
15 .	147	3,8	61,2	1,9	37
16	126	3,8	48,4	1,5	30
17	102	3,3	33,7	0,9	28
18	96	2,4	25,7	0,5	27

Proband 2: Adolf-Niklas-Weg

1	102	3,5	16,0	0,5	19
2	144	4,3	36,0	1,3	26
3 .	140	5,1	42,1	1,8	29
4 .	156	4,9	44,8	1,8	30
5 .	158	4,4	42,7	1,6	30
6 .	144	4,7	45,3	1,8	31
7 .	126	4,7	37,3	1,5	25
8	120	3,4	35,9	1,0	29
9	114	3,1	24,7	0,6	25
10	111	3,0	21,8	0,5	23
11	109	3,1	24,0	0,6	26
12	132	3,1	29,1	0,8	29
13 .	150	4,1	43,4	1,5	31
14 .	156	4,7	47,4	1,9	32
15 .	150	4,7	48,8	1,9	31
16 .	128	5,3	43,4	1,9	24
17 .	96	4,4	28,0	1,0	22
18	94	3,4	13,3	0,4	19
19	93	3,0	13,2	0,3	21
20	90	3,0	13,8	0,4	20

Proband 2: Schiefer Riß

Zeit	f_H	% O_2	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	Af
min	1/min		1/min	1/min	1/min
1	94	2,5	13,4	0,3	19
2	101	3,3	14,2	0,4	22
3	104	4,0	15,2	0,5	21
4	137	4,1	24,8	1,0	26
5 .	162	5,0	39,4	1,6	32
6 .	144	4,9	32,3	1,3	29
7 .	150	5,0	39,0	1,6	31
8 .	156	5,0	42,4	1,8	34
9 .	162	5,2	41,8	1,8	33
10 .	156	5,2	44,8	1,9	32
11	147	4,9	30,4	1,2	25
12	124	5,4	24,2	1,1	21
13	120	4,4	19,8	0,7	24
14	114	3,9	18,7	0,6	26
15	117	3,7	18,8	0,6	26
16	105	4,0	14,1	0,5	24
17	102	3,7	10,5	0,3	21
18	102	3,6	13,5	0,4	24
19	99	3,6	13,4	0,4	22
20	105	3,5	12,6	0,4	22
21	96	3,8	10,1	0,3	21
22	99	3,3	9,8	0,3	19
23	102	3,4	9,8	0,3	21
24	111	3,9	12,9	0,4	19
25	132	4,2	23,3	0,8	25
26	129	5,0	29,9	1,2	27
27	138	5,4	39,2	1,8	27
28 .	159	5,2	46,4	2,0	32
29 .	159	4,7	41,8	1,6	35
30 .	162	5,6	47,1	2,2	31
31 .	168	5,2	44,2	1,9	33
32	147	5,2	35,4	1,5	28
33	132	5,5	23,7	1,1	23
34	114	5,0	24,9	1,0	26
35	105	4,1	15,2	0,5	20
36	102	4,2	19,6	0,7	24

Proband 2: Dicker Hund

Zeit	f_H	% O_2	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	Af
min	1/min		1/min	1/min	1/min
1	105	3,5	15,6	0,5	22
2	144	4,0	28,7	1,0	27
3	156	5,6	47,6	2,2	33
4 .	177	4,7	43,8	1,7	32
5 .	174	5,0	47,1	2,0	31
6 .	174	4,3	46,0	1,7	32
7 .	171	4,3	44,2	1,6	33
8 .	186	4,0	48,8	1,6	37
9 .	171	4,3	41,8	1,5	34
10	165	4,5	38,6	1,4	27
11	126	5,0	33,1	1,4	24
12	114	4,0	23,5	0,8	21
13	108	3,5	21,8	0,6	22

Proband 3: Adolf-Niklas-Weg

1	90	3,4	15,7	0,5	21
2	132	4,3	38,3	1,4	30
3	128	5,1	41,5	1,8	28
4 .	126	4,8	32,0	1,3	28
5 .	128	4,9	35,8	1,5	29
6 .	132	4,8	38,2	1,5	30
7 .	133	4,8	34,8	1,4	27
8 .	144	4,9	33,0	1,4	29
9 .	132	4,8	43,5	1,8	30
10 .	114	4,8	28,9	1,2	27
11	107	3,5	20,6	0,6	25
12	102	3,3	22,1	0,6	23
13	100	3,3	20,4	0,6	24
14	102	3,4	19,2	0,5	23
15	104	2,9	16,4	0,4	23
16	96	3,3	17,3	0,5	24
17	114	3,9	24,4	0,8	25
18	105	3,7	18,7	0,6	23
19	108	3,1	13,4	0,3	22
20	99	3,1	15,8	0,4	20
21	106	3,6	19,6	0,6	25
22	105	3,6	21,3	0,6	25
23	102	3,7	20,6	0,6	22
24	105	4,1	23,7	0,8	23
25	114	4,4	28,9	1,1	24
26 .	120	4,7	30,0	1,2	29
27 .	135	4,1	37,2	1,3	30
28 .	138	5,0	43,6	1,8	32
29 .	132	4,6	38,8	1,5	29
30 .	145	4,9	44,5	1,8	31
31 .	141	5,1	48,7	2,1	32
32 .	132	5,5	46,1	2,1	29
33	114	5,5	37,6	1,7	26

Proband 4: Adolf-Niklas-Weg

Zeit	f_H	% O_2	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	Af
min	1/min		1/min	1/min	1/min
1	121	3,4	12,7	0,4	19
2	119	3,6	12,7	0,4	19
3	172	4,8	27,2	1,1	27
4 .	162	6,1	29,7	1,5	23
5 .	168	5,9	25,2	1,2	22
6 .	172	5,8	23,2	1,1	22
7 .	177	5,7	30,0	1,4	27
8 .	179	5,0	28,4	1,2	26
9	176	4,9	17,9	0,7	20
10	180	4,2	17,6	0,6	18
11	162	5,0	30,9	0,6	25
12	132	4,3	23,7	0,8	26
13	129	3,3	25,2	0,7	27
14	131	3,7	20,6	0,6	20
15	130	3,7	22,1	0,7	24
16	123	3,8	19,2	0,6	23
17	120	3,2	18,4	0,5	24
18	119	3,4	17,1	0,5	21
19	131	3,5	21,6	0,6	25
20	159	4,0	26,9	0,9	20
21	169	5,0	27,5	1,2	23
22	180	5,2	32,4	1,4	22
23 .	168	5,5	31,7	1,5	25
24 .	169	4,9	36,4	1,5	27
25 .	164	5,2	34,0	1,5	28
26 .	168	5,2	36,9	1,6	26
27 .	171	5,4	36,3	1,7	26
28	123	4,7	22,8	0,9	23
29	120	3,9	17,4	0,6	22

Proband 4: Schiefer Riß

Zeit	f_H	% O_2	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	Af
min	1/min		1/min	1/min	1/min
1	141	3,5	16,8	0,5	20
2	132	3,5	17,2	0,5	23
3	124	4,2	35,9	1,3	27
4 .	179	4,0	41,3	1,4	30
5 .	172	4,8	37,6	1,5	29
6 .	184	4,8	39,4	1,6	28
7 .	181	5,1	39,7	1,7	29
8 .	187	5,2	41,9	1,8	28
9 .	180	5,1	39,4	1,7	28
10 .	188	5,8	31,2	1,5	30
11 .	184	4,9	39,4	1,6	27
12	177	4,9	37,1	1,5	27
13	157	5,0	29,4	1,2	29
14	150	5,0	18,4	0,8	27
15	144	4,2	19,8	0,7	26
16	144	4,3	12,4	0,4	25
17	143	4,4	9,7	0,4	18
18	140	4,8	8,0	0,3	20
19	136	3,6	12,9	0,4	32
20	144	3,4	15,8	0,5	26
21	132	4,1	12,5	0,4	23
22	153	4,4	22,1	0,8	27
23	174	5,0	35,3	1,5	28
24 .	173	5,0	40,5	1,7	30
25 .	176	5,6	42,5	2,0	30
26 .	182	5,3	40,5	1,8	30
27 .	184	5,5	44,4	2,0	30
28	153	5,0	24,0	1,0	27
29	128	4,0	17,6	0,6	27
30	130	3,4	16,3	0,5	25

Proband 4: Dicker Hund

Zeit min	f_H 1/min	% O_2	$\dot{V}_E$ 1/min	$\dot{V}_{O_2}$ 1/min	Af 1/min
1	126	3,7	14,3	0,4	24
2	135	4,0	15,6	0,5	21
3	162	4,3	19,5	0,7	22
4	174	5,2	30,4	1,3	24
5	159	5,0	29,0	1,2	23
6	156	4,9	27,8	1,1	28
7 .	175	5,6	37,3	1,7	25
8 .	180	5,1	37,8	1,6	29
9 .	192	5,1	43,9	1,9	32
10 .	193	5,0	40,4	1,7	30
11 .	195	5,0	29,2	1,2	32
12 .	174	4,7	15,2	0,6	25
13 .	177	5,1	24,4	1,0	29
14 .	192	4,4	44,8	1,6	37
15 .	193	4,4	41,1	1,5	36
16 .	198	4,7	43,7	1,7	35
17	156	4,1	20,9	0,7	27
18	144	3,9	19,4	0,6	24
Proband 5: Adolf-Niklas-Weg					
1	102	4,9	10,6	0,4	17
2	100	4,4	9,4	0,3	19
3	96	4,2	7,7	0,3	18
4	146	4,7	25,7	1,0	21
5 .	168	6,1	37,2	1,9	22
6 .	174	5,8	39,5	1,9	26
7 .	162	5,6	40,2	1,9	25
8 .	168	5,6	39,4	1,9	25
9 .	162	5,4	40,1	1,8	28
10	132	5,1	35,8	1,5	22
11	130	4,0	28,2	0,9	24
12	120	3,3	26,2	0,7	24
13	111	3,2	20,2	0,5	24
14	117	3,2	21,4	0,6	25
15	118	3,2	23,1	0,6	25
16	123	3,2	20,5	0,6	28
17	129	3,6	21,4	0,6	28
18	105	3,2	20,6	0,6	25
19	108	3,5	14,5	0,4	20
20	147	3,3	17,9	0,5	21
21	168	4,1	30,4	1,0	26
22 .	174	5,2	35,9	1,6	26
23 .	171	5,7	37,4	1,8	27
24 .	180	5,5	37,6	1,7	27
25 .	168	4,9	35,8	1,5	24
26 .	174	5,9	36,1	1,8	24
27	132	5,9	27,9	1,4	20
28	150	5,0	22,2	0,9	21
29	144	4,8	25,9	1,0	21

Proband 5: Schiefer Riß

Zeit min	f_H 1/min	% O_2	$\dot{V}_E$ 1/min	$\dot{V}_{O_2}$ 1/min	Af 1/min
1	108	3,4	10,1	0,3	19
2	114	3,7	10,7	0,3	20
3	111	3,7	10,7	0,3	20
4	120	4,1	15,4	0,5	20
5 .	164	5,2	28,3	1,2	28
6 .	174	5,1	29,8	1,3	27
7 .	170	5,0	33,6	1,4	29
8 .	168	4,7	31,3	1,2	28
9 .	171	4,8	32,7	1,3	28
10	180	5,0	33,9	1,4	27
11	171	5,0	29,5	1,2	28
12	174	4,3	28,5	1,0	31
13	176	4,4	34,2	1,3	29
14	180	4,2	33,5	1,2	34
15	174	4,7	36,6	1,4	34
16	180	5,2	43,7	1,9	30
17	168	4,5	31,9	1,2	30
18	156	4,0	29,6	1,0	29
19	138	3,6	24,3	0,7	26
20	144	3,4	26,1	0,7	29
21	129	3,9	23,9	1,1	21
22 .	126	3,5	20,9	0,6	26
23 .	132	4,0	24,5	0,8	29
24 .	120	3,4	20,1	0,6	23
25 .	120	3,3	17,8	0,5	21
26 .	126	3,3	17,6	0,5	23
27	130	3,9	23,6	0,8	29
28	135	3,6	23,6	0,7	27
29	126	4,0	18,0	0,6	29
30	129	3,8	19,1	0,6	24
31	114	4,0	17,4	0,6	22
32	126	3,8	21,1	0,7	27
33	159	4,0	29,0	1,0	28
34	150	5,0	33,5	1,4	28
35	174	5,3	41,4	1,8	31
36	168	5,0	39,6	1,7	30
37	172	5,6	40,8	1,9	32
38	180	5,1	42,9	1,8	31
39	180	4,8	43,7	1,8	31
40	177	5,0	41,6	1,7	28
41	186	6,0	43,6	2,2	28
42	159	5,4	32,8	1,5	24
43	138	4,4	23,7	0,9	23

Proband 6: Adolf-Niklas-Weg

Zeit min	f_H 1/min	% O_2	$\dot{V}_E$ 1/min	$\dot{V}O_2$ 1/min	Af 1/min
1	117	3,2	19,0	0,5	16
2	105	3,4	17,6	0,5	18
3	111	3,3	20,1	0,5	20
4	98	3,7	21,8	0,7	16
5	186	4,3	53,6	1,9	28
6 .	180	3,6	56,0	1,7	29
7 .	192	4,9	57,3	2,3	34
8 .	198	5,2	59,6	2,5	38
9 .	186	5,0	58,5	2,4	29
10 .	162	4,6	50,5	1,9	26
11	138	4,3	40,5	1,4	25
12	120	4,0	33,4	1,1	22
13	123	4,0	27,6	0,9	22
14	117	3,7	25,5	0,8	17
15	120	3,8	28,1	0,9	26
16	129	3,9	26,0	0,8	17
17	123	4,2	25,5	0,9	21
18	120	4,5	23,2	0,9	18
19	180	4,8	50,0	2,0	31
20 .	192	5,3	55,2	2,4	33
21 .	186	5,7	55,2	2,6	34
22 .	192	5,7	62,5	2,9	30
23	165	5,0	53,1	2,2	26
24	132	3,6	32,4	1,0	23
Proband 6: Dicker Hund					
1	102	5,8	17,1	0,8	17
2	108	5,4	17,4	0,8	17
3	106	6,3	14,8	0,8	18
4	174	6,3	40,1	2,1	25
5	168	7,4	40,8	2,5	27
6	180	6,8	42,2	2,4	25
7 .	192	6,7	53,2	3,0	33
8 .	183	6,1	52,7	2,7	30
9 .	186	5,9	46,2	2,3	24
10 .	174	6,0	44,2	2,2	23
11 .	184	6,3	41,8	2,2	26
12 .	183	6,4	46,3	2,5	26
13 .	192	6,4	49,4	2,7	31
14 .	190	6,0	46,8	2,4	32
15 .	186	5,7	49,7	2,4	30
16 .	180	5,9	51,0	2,5	31
17 .	185	5,7	50,8	2,4	31
18 .	186	5,9	51,1	2,5	31
19 .	192	6,3	55,6	2,9	30
20	174	6,0	52,2	2,6	27
21	144	5,7	31,6	1,5	26
22	132	5,4	28,3	1,3	20

Proband 7: Adolf-Niklas-Weg

Zeit	f_H	% O_2	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	Af
min	1/min		1/min	1/min	1/min
1	87	2,9	17,1	0,4	24
2	81	3,9	16,2	0,5	23
3	96	4,5	13,0	0,5	25
4	144	4,4	44,4	1,6	28
5	150	6,0	63,0	3,1	33
6 .	162	5,6	65,8	3,0	33
7 .	159	5,4	68,7	3,0	34
8 .	156	5,6	65,0	3,0	35
9 .	165	5,7	64,1	3,0	37
10 .	167	5,1	68,4	2,9	35
11	138	4,8	53,6	2,1	30
12	126	4,7	43,1	1,7	27
13	111	4,9	28,3	1,1	22
14	108	4,7	23,3	0,9	22
15	106	5,1	24,5	1,0	23
16	108	5,1	20,3	0,8	21
17	105	4,7	22,5	0,9	25
18	114	4,7	24,2	0,9	28
19	120	4,9	30,6	1,2	28
20	144	5,2	41,1	1,7	28
21	150	5,6	51,1	2,3	32
22 .	153	5,9	56,6	2,7	33
23 .	156	5,5	58,8	2,6	35
24 .	162	5,3	66,6	2,9	36
25 .	166	5,4	69,1	3,1	34
26	132	4,8	51,3	2,0	29
27	120	4,2	31,6	1,1	26
28	108	4,4	23,3	0,8	24

Proband 8: Adolf-Niklas-Weg

Zeit	f_H	% O_2	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	Af
min	1/min		1/min	1/min	1/min
1	90	3,3	12,1	0,3	16
2	87	3,9	12,4	0,4	17
3	123	4,9	24,4	1,0	27
4	144	4,8	51,9	2,0	31
5	138	4,7	47,0	1,8	31
6 .	159	4,1	50,7	1,7	35
7 .	149	4,4	57,4	2,1	35
8 .	150	3,6	58,0	1,7	42
9 .	155	3,6	66,1	1,9	37
10 .	153	4,0	61,1	2,0	37
11 .	164	3,2	63,2	1,7	41
12 .	168	3,4	61,3	1,7	46
13 .	167	3,5	60,7	1,7	40
14	141	3,3	32,0	0,9	34
15	126	3,4	28,8	0,8	31
16	132	3,0	25,7	0,6	36
17	127	2,8	19,9	0,5	27
18	123	2,7	19,0	0,4	26
19	125	2,9	16,8	0,4	23
20	124	2,9	12,8	0,3	26
21	123	2,7	14,7	0,3	28
22	122	3,0	16,6	0,4	26
23	132	2,8	14,3	0,3	20
24	147	3,8	38,7	1,2	37
25	150	4,4	43,4	1,6	39
26	156	4,6	50,8	1,9	39
27 .	157	4,7	62,8	2,4	39
28 .	171	4,3	48,9	1,7	35
29 .	174	4,0	65,3	2,1	48
30 .	168	4,0	56,3	1,9	42
31 .	159	3,8	51,0	1,8	39
32 .	160	3,8	54,7	1,0	40
33 .	162	2,8	46,0	1,1	31
34 .	147	4,3	53,5	1,9	40
35 .	161	4,0	64,8	2,1	45
36 .	156	3,9	51,6	1,7	47
37 .	154	3,7	52,6	1,6	40
38	138	3,9	24,7	0,8	37
39	127	3,2	12,4	0,3	22
40	113	3,3	13,9	0,4	24

Proband 9: Adolf-Niklas-Weg

Zeit	f_H	% O_2	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	Af
min	1/min		1/min	1/min	1/min
1	104	3,6	19,7	0,6	23
2	100	3,6	16,8	0,5	17
3	98	3,3	20,9	0,6	19
4	156	3,8	57,0	1,8	30
5 .	162	3,7	67,4	2,1	34
6 .	163	3,8	68,0	2,2	38
7 .	156	3,5	62,5	1,9	35
8 .	158	3,9	60,6	2,0	34
9 .	140	4,1	55,2	1,9	32
10	128	3,4	41,3	1,2	29
11	117	3,3	33,2	0,9	27
12	112	3,1	26,1	0,7	25
13	102	3,2	22,8	0,6	23
14	108	3,0	26,0	0,7	28
15	115	2,8	24,8	0,6	22
16	105	3,5	16,8	0,5	18
17	102	3,0	18,7	0,5	19
18	154	2,9	53,9	1,3	32
19 .	156	3,2	60,6	1,6	35
20 .	155	3,1	62,1	1,6	35
21 .	168	3,5	62,7	1,9	30
22	128	3,5	38,0	1,1	26
23	124	2,5	30,2	0,6	26

Proband 9: Schiefer Riß

Zeit min	f_H 1/min	% O_2	$\dot{V}_E$ 1/min	$\dot{V}_{O_2}$ 1/min	Af 1/min
1	102	2,8	19,9	0,5	20
2	104	3,9	24,0	0,8	23
3	108	2,9	17,8	0,4	21
4	150	3,2	42,0	1,1	30
5	152	3,5	53,4	1,6	33
6 .	162	3,6	60,3	1,8	36
7 .	157	4,0	63,5	2,1	36
8 .	156	4,4	65,8	2,4	38
9 .	155	4,6	62,9	2,4	34
10 .	159	4,0	55,4	1,9	35
11	124	3,7	29,8	0,9	26
12	115	3,9	24,1	0,8	23
13	120	4,3	25,6	0,9	26
14	116	4,4	29,0	1,1	29
15	119	4,5	30,0	1,1	27
16	120	4,5	27,4	1,0	27
17	112	4,0	26,3	0,9	29
18	138	4,1	44,7	1,5	34
19 .	163	4,4	68,8	2,5	39
20 .	156	5,1	74,3	3,2	40
21 .	168	4,5	66,4	2,5	34
22	133	4,9	41,6	1,7	33
23	124	4,3	32,2	1,2	26

Proband 9: Dicker Hund

1	102	3,5	20,1	0,6	23
2	96	3,7	17,3	0,5	21
3	108	3,4	15,9	0,5	22
4	132	3,8	36,7	1,2	26
5 .	144	4,3	46,2	1,7	33
6 .	138	4,2	52,6	1,8	34
7 .	162	3,9	61,3	2,0	37
8 .	168	3,9	62,2	2,0	40
9 .	166	3,8	66,9	2,1	41
10 .	156	4,1	60,5	2,1	32
11	114	2,3	36,3	0,7	25
12	111	3,3	29,6	0,8	21

Proband 10: Adolf-Niklas-Weg

Zeit	f_H	% O_2	$\dot{V}_E$	$\dot{V}O_2$	Af
min	1/min		1/min	1/min	1/min
1	93	2,3	16,9	0,3	14
2	92	2,9	17,0	0,4	10
3	84	2,5	15,0	0,3	17
4	99	3,0	20,5	0,5	18
5	120	3,6	37,8	1,1	22
6 .	147	3,5	48,6	1,4	26
7 .	148	3,1	51,9	1,3	25
8 .	155	3,1	55,4	1,4	31
9 .	156	3,0	47,5	1,2	29
10 .	165	3,0	52,8	1,3	33
11 .	164	2,6	52,1	1,1	35
12 .	156	2,8	44,7	1,0	32
13 .	163	3,1	52,4	1,3	34
14 .	164	3,0	52,9	1,3	34
15 .	162	2,9	52,0	1,2	35
16 .	173	2,3	62,2	1,2	40
17 .	180	1,9	64,5	1,0	41
18 .	159	2,1	58,6	1,0	34
19	144	1,6	39,2	0,5	29
20	135	1,5	34,0	0,4	27
21	138	1,5	36,5	0,4	27
22	129	1,9	23,7	0,4	21
23	131	1,9	29,7	0,5	27
24	132	2,1	32,0	0,6	23
25	130	1,9	34,7	0,5	26
26	129	1,9	32,6	0,5	19
27	117	1,5	24,0	0,3	18
28	119	1,5	24,9	0,3	17
29	125	1,6	24,2	0,3	15
30	126	2,1	30,1	0,5	20
31	117	2,0	20,0	0,3	15
32	120	2,0	20,5	0,3	16
33	114	1,5	19,3	0,2	17
34	108	1,3	21,1	0,2	21
35	153	2,2	37,6	0,7	30
36	159	1,7	39,0	0,5	34
37	171	1,6	37,1	0,5	31
38	168	1,9	60,0	0,9	34
39	150	1,5	40,8	0,5	31
40	156	1,3	44,2	0,5	33
41 .	159	1,9	52,8	0,8	34
42 .	150	2,6	52,5	1,1	31
43 .	144	2,3	41,6	0,8	31
44 .	156	2,2	50,1	0,9	38
45 .	162	2,2	54,8	1,0	33
46 .	168	2,3	62,5	1,2	28
47	124	2,1	41,2	0,7	26
48	125	2,0	35,9	0,6	21
49	105	1,9	33,1	0,5	21

Proband 11: Adolf-Niklas-Weg

Zeit	f_H	% O_2	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	Af
min	1/min		1/min	1/min	1/min
1	90	5,1	15,8	0,7	18
2	87	5,1	16,8	0,7	17
3	89	4,7	18,3	0,7	18
4	105	4,5	18,0	0,7	19
5	147	5,2	42,8	1,9	20
6 .	156	6,5	49,3	2,7	22
7 .	153	6,7	50,0	2,8	26
8 .	156	6,5	42,3	2,3	28
9 .	150	6,4	45,9	2,5	26
10 .	162	6,1	46,8	2,4	19
11 .	174	6,1	47,3	2,4	20
12 .	170	6,0	43,3	2,2	20
13	132	5,0	34,1	1,4	20
14	120	4,9	29,6	1,2	17
15	108	4,8	24,9	1,0	17
16	114	4,6	21,8	0,8	17
17	105	4,9	21,6	0,9	17
18	120	4,4	21,8	0,8	18
19	120	5,3	31,3	1,4	16
20	132	5,3	34,2	1,5	18
21 .	162	5,0	42,2	1,8	20
22 .	144	5,5	39,0	1,8	26
23 .	150	5,6	40,4	1,9	28
24 .	152	5,4	38,0	1,7	26
25 .	156	5,5	39,3	1,8	26
26 .	165	5,3	44,9	2,0	20
27	156	4,8	32,9	1,3	16
28	108	4,2	22,4	0,8	17

Proband 11: Schiefer Riß

Zeit	f_H	% O_2	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	Af
min	1/min		1/min	1/min	1/min
1	96	5,1	14,7	0,6	17
2	98	5,0	12,9	0,5	19
3	102	5,6	17,0	0,8	17
4	141	5,6	27,9	1,3	21
5	150	6,7	46,1	2,6	22
6	153	6,8	44,2	2,5	22
7 .	162	5,9	43,4	2,1	20
8 .	164	6,1	45,1	2,3	23
9 .	162	7,0	48,2	2,8	20
10 .	150	6,7	43,6	2,4	24
11 .	156	6,5	50,6	2,7	23
12 .	166	6,7	47,9	2,7	21
13 .	162	6,7	44,2	2,5	19
14 .	160	6,8	45,0	2,6	21
15 .	168	6,5	48,2	2,6	23
16 .	162	5,9	44,7	2,2	22
17 .	161	6,2	44,0	2,3	21
18 .	172	6,3	46,5	2,4	24
19 .	174	6,0	50,9	2,6	21
20 .	170	6,7	52,2	2,9	22
21 .	162	6,0	41,0	2,1	22
22	126	5,3	32,2	1,4	22
23	124	4,9	29,7	1,2	23
24	120	4,7	27,0	1,1	23
25	114	4,8	26,1	1,0	22
26	115	4,5	23,4	0,9	20
27	120	4,6	25,0	1,0	21
28	150	5,5	40,8	1,9	18
29	138	6,2	35,4	1,8	22
30	149	6,3	50,8	2,7	23
31 .	174	6,6	55,1	3,0	22
32 .	168	6,2	58,2	3,0	22
33 .	159	6,1	56,1	2,9	22
34 .	176	6,6	50,6	2,8	21
35	138	6,0	36,2	1,8	19
36	114	4,7	24,8	1,0	21
37	107	3,9	21,3	0,7	19

Proband 12: Adolf-Niklas-Weg

Zeit	f_H	% O_2	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	Af
min	1/min		1/min	1/min	1/min
1	100	4,8	26,3	1,0	14
2	87	4,4	19,2	0,7	12
3	84	3,6	12,8	0,4	11
4	96	3,8	19,5	0,6	14
5	143	4,5	51,0	1,9	17
6	138	4,9	54,0	2,2	20
7 .	147	4,7	62,8	2,4	22
8 .	153	4,5	62,7	2,3	23
9 .	156	4,0	62,9	2,1	24
10 .	155	4,2	60,0	2,1	21
11 .	148	4,1	63,1	2,1	29
12 .	164	4,4	60,3	2,2	27
13 .	158	4,1	62,2	2,1	21
14	141	3,6	55,1	1,6	22
15	132	3,5	45,0	1,3	21
16	117	3,1	39,6	1,0	19
17	114	2,6	37,7	0,8	20
18	111	2,5	30,1	0,6	18
19	108	2,9	27,1	0,6	18
20	117	2,9	30,9	0,7	20
21	120	2,8	32,4	0,7	20
22	109	3,0	27,6	0,7	17
23	111	3,0	32,5	0,8	18
24	105	2,7	28,2	0,6	18
25	108	2,6	27,7	0,6	17
26	96	3,1	22,6	0,6	15
27	101	3,0	22,6	0,6	18
28	102	3,1	20,4	0,5	20
29	111	3,0	29,0	0,5	21
30	126	3,9	41,1	1,3	24
31 .	137	4,2	53,1	1,8	23
32 .	144	4,1	52,7	1,8	24
33 .	150	4,2	58,7	2,0	24
34 .	153	4,5	59,6	2,2	27
35 .	162	4,5	64,8	2,4	25
36 .	157	4,4	64,0	2,3	28
37	158	3,1	45,0	1,1	19
38	129	3,0	38,8	1,0	19
39	102	3,0	28,8	0,7	18

Proband 13: Adolf-Niklas-Weg

Zeit	f_H	% O_2	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	Af
min	1/min		1/min	1/min	1/min
1	83	3,8	8,4	0,3	22
2	96	3,8	7,6	0,2	21
3	138	4,3	19,7	0,7	22
4	145	5,3	25,5	1,1	22
5 .	148	5,2	30,3	1,3	24
6 .	156	5,2	33,1	1,4	24
7 .	162	5,5	31,7	1,5	22
8 .	157	5,5	31,5	1,4	22
9	138	5,2	19,4	0,8	20
10	132	4,3	24,5	0,9	22
11	123	3,4	22,3	0,6	27
12	120	3,2	21,4	0,6	27
13	118	3,6	22,0	0,7	27
14	132	3,3	18,7	0,5	26
15	137	3,6	18,1	0,5	20
16 .	162	3,9	26,8	0,9	22
17 .	166	4,7	24,8	1,0	23
18 .	168	4,9	26,3	1,1	22
19 .	169	5,2	23,1	1,0	20
20	170	5,4	20,3	0,9	19
21	123	5,1	13,3	0,6	17
Proband 13: Schiefer Riß					
1	117	3,2	9,3	0,3	19
2	105	3,1	9,5	0,3	18
3	135	4,1	24,4	1,0	24
4	153	4,8	28,0	1,3	23
5 .	144	4,9	26,6	1,3	26
6 .	150	5,4	29,4	1,6	29
7 .	147	5,3	28,5	1,5	31
8 .	159	4,8	30,6	1,5	29
9	153	4,7	28,4	1,3	23
10	155	5,0	24,8	1,2	23
11	126	5,1	21,2	1,1	22
12	105	4,0	17,8	0,7	20
13	114	3,6	15,0	0,5	23
14	113	3,8	14,5	0,6	23
15	114	3,6	13,9	0,5	22
16	103	3,3	11,5	0,4	21
17	129	3,4	13,9	0,5	22
18	126	3,6	20,3	0,7	24
19	132	4,3	25,6	1,1	22
20	138	4,7	29,7	1,4	24
21 .	149	5,0	35,1	1,8	28
22 .	150	5,2	33,8	1,8	28
23 .	156	5,1	36,8	1,9	28
24	153	5,7	33,5	1,8	20
25	117	4,8	21,2	1,0	22

Proband 14: Adolf-Niklas-Weg

Zeit	f_H	% O_2	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	Af
min	1/min		1/min	1/min	1/min
1	102	4,6	15,3	0,6	16
2 .	162	5,4	48,4	2,2	27
3 .	165	5,8	54,2	2,6	28
4 .	172	5,6	51,8	2,4	28
5 .	156	5,6	42,4	2,0	28
6 .	168	5,5	58,1	2,7	31
7	120	5,0	34,2	1,7	24
8	116	5,1	22,4	1,0	18
9	110	4,3	17,5	0,6	20
10	105	4,2	13,8	0,5	17
11	100	4,2	8,4	0,3	11
12	104	4,6	9,7	0,4	16
13	108	4,2	15,9	0,6	20
14	111	4,1	12,4	0,4	18
15	135	5,1	28,7	1,2	24
16	140	5,2	47,2	2,0	30
17	135	5,1	23,1	1,8	27
18	120	5,0	26,8	1,9	22
19	130	5,2	32,4	1,5	20
20	144	5,2	42,7	1,9	25
21	138	4,8	28,4	1,1	22
22	124	4,4	23,9	0,9	20
23 .	176	5,2	61,2	0,6	30
24 .	150	5,3	53,2	0,7	31
25 .	174	4,4	48,2	1,8	29
26 .	171	5,5	50,5	2,3	26
27	136	5,7	32,0	1,5	22
28	127	4,8	28,0	1,1	21
29	111	4,3	21,9	0,8	19

Proband 14: Schiefer Riß

Zeit min	f_H 1/min	% O_2	$\dot{V}_E$ 1/min	$\dot{V}O_2$ 1/min	Af 1/min
1	99	4,3	10,8	0,4	15
2	156	4,4	31,0	1,1	26
3	164	5,4	29,5	1,3	24
4	162	5,1	37,0	1,6	26
5 .	172	5,4	41,0	1,9	26
6 .	176	5,1	50,2	2,1	31
7 .	165	5,2	25,8	1,1	20
8 .	135	5,7	28,3	1,4	21
9 .	168	4,9	37,2	1,5	26
10 .	166	5,3	38,6	1,7	24
11	160	5,9	28,4	1,4	20
12	129	5,3	24,4	1,1	19
13	132	4,4	15,6	0,6	21
14	117	4,2	13,5	0,5	18
15	120	3,9	16,0	0,5	20
16	123	3,9	16,9	0,5	20
17	121	3,7	19,7	0,6	22
18	108	3,6	13,9	0,4	19
19	110	3,7	14,4	0,5	18
20	111	3,8	15,1	0,5	19
21	120	4,2	18,5	0,7	22
22	114	4,0	16,7	0,6	21
23	117	4,4	19,0	0,7	20
24	160	4,6	39,1	1,5	31
25 .	162	5,1	52,0	2,2	30
26 .	168	5,0	52,8	2,2	31
27 .	166	5,0	46,4	1,9	28
28 .	156	5,2	49,9	2,2	30
29 .	174	5,2	51,8	2,3	28
30	168	5,4	32,7	1,5	22
31	142	5,2	22,6	1,0	20

Proband 14: Dicker Hund

1	109	4,6	20,8	0,8	20
2	96	4,8	38,9	1,6	15
3 .	140	6,1	25,4	1,3	18
4 .	168	5,3	32,6	1,4	31
5 .	171	4,8	33,6	1,4	23
6 .	182	5,0	32,1	1,3	42
7 .	180	4,4	36,2	1,3	39
8 .	178	4,7	38,1	1,5	42
9 .	192	4,7	38,0	1,5	39
10 .	189	4,7	35,1	1,4	40
11 .	168	4,6	36,4	1,4	33
12	152	4,8	27,3	1,1	28
13	140	4,0	20,9	0,7	21

Proband 15: Adolf-Niklas-Weg

Zeit	f_H	% O_2	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	Af
min	1/min		1/min	1/min	1/min
1	90	3,5	15,2	0,4	24
2	156	5,1	33,8	1,4	27
3	154	5,3	37,2	1,6	29
4 .	152	5,1	40,7	1,7	31
5 .	162	4,9	34,4	1,4	30
6 .	168	5,1	41,0	1,7	29
7 .	135	4,2	31,7	1,1	28
8	108	3,9	21,7	0,7	23
9	99	3,5	16,8	0,5	22
10	100	3,3	16,1	0,4	23
11	96	3,3	13,4	0,4	20
12	117	3,6	19,8	0,6	24
13	144	4,7	27,7	1,1	27
14 .	159	5,4	37,6	1,7	31
15 .	156	5,3	39,6	1,7	30
16 .	159	5,4	40,6	1,8	29
17 .	117	5,2	27,0	1,2	23
18	87	4,2	14,9	0,5	19
19	89	3,7	10,9	0,3	18
20	90	3,4	9,6	0,3	17

Proband 15: Schiefer Riß

1	134	4,1	20,6	0,7	21
2	152	5,1	24,5	1,0	25
3 .	130	5,5	27,7	1,3	26
4 .	150	5,0	29,6	1,2	25
5 .	152	5,2	31,1	1,3	27
6 .	164	5,3	29,9	1,3	26
7 .	142	5,3	27,2	1,2	24
8 .	152	5,2	30,4	1,3	25
9	144	5,2	31,1	1,3	26
10	120	4,1	21,1	0,7	24
11	106	3,6	17,2	0,5	22
12	110	3,6	14,9	0,4	23
13	102	3,7	14,9	0,5	21
14	98	3,6	13,3	0,4	20
15	100	3,3	14,0	0,4	24
16	140	3,9	24,3	0,8	25
17	136	5,0	31,2	1,3	27
18 .	156	5,4	35,1	1,6	29
19 .	162	5,3	38,9	1,7	28
20 .	146	5,2	47,7	2,1	28
21	103	4,1	29,2	1,0	26
22	92	3,6	17,0	0,5	19
23	80	3,4	12,0	0,3	18

Proband 15: Dicker Hund

Zeit	f_H	% O_2	$\dot{V}_E$	$\dot{V}_{O_2}$	Af
min	1/min		1/min	1/min	1/min
1	80	4,0	8,3	0,3	15
2	78	3,8	8,9	0,3	14
3	138	4,9	20,9	0,9	20
4	141	6,7	27,8	1,6	22
5	144	6,1	28,6	1,5	24
6	138	6,0	29,5	1,5	25
7 .	153	6,1	32,5	1,7	26
8 .	150	5,6	31,4	1,5	25
9 .	147	5,5	30,7	1,4	27
10 .	168	5,6	35,6	1,7	27
11 .	162	5,5	35,9	1,6	27
12 .	147	5,6	34,3	1,6	25
13	126	5,3	29,8	1,3	25
14	114	5,2	22,5	1,0	24

Proband 16: Adolf-Niklas-Weg

1	116	2,7	13,7	0,3	22
2	120	2,8	15,6	0,4	18
3	108	2,5	10,8	0,2	18
4	145	2,5	30,8	0,8	33
5 .	153	3,1	58,9	1,5	36
6 .	174	3,0	61,4	1,5	37
7 .	176	2,8	61,5	1,4	38
8 .	180	3,0	54,6	1,3	34
9	146	2,4	38,7	0,8	29
10	123	2,0	33,2	0,5	33
11	124	1,5	28,1	0,3	22
12	132	1,3	31,5	0,3	28
13	134	1,3	29,5	0,3	31
14	128	1,3	25,0	0,3	28
15	132	1,3	25,5	0,3	29
16	142	1,4	24,6	0,3	28
17	162	2,0	37,1	0,6	31
18 .	183	2,8	57,5	1,3	36
19 .	188	3,0	62,4	1,5	39
20 .	180	3,2	55,7	1,6	35
21	142	2,8	36,7	0,8	25
22	129	2,0	32,9	0,5	26

Proband 16: Schiefer Riß

Zeit min	f_H 1/min	% O_2	$\dot{V}_E$ 1/min	$\dot{V}_{O_2}$ 1/min	Af 1/min
1	128	3,0	14,8	0,4	29
2	140	3,3	17,1	0,5	23
3	126	3,1	19,0	0,5	24
4	162	3,1	34,7	0,9	31
5 .	188	4,0	53,8	1,8	37
6 .	180	3,8	53,6	1,7	35
7 .	176	4,1	57,4	1,9	39
8 .	184	3,9	55,4	1,8	37
9 .	177	4,0	56,9	1,9	36
10 .	160	4,5	42,4	1,6	32
11	132	3,8	30,9	1,0	26
12	126	3,2	32,1	0,8	30
13	127	2,7	28,8	0,6	29
14	120	2,6	24,0	0,5	28
15	124	2,6	24,4	0,5	28
16	125	2,7	22,5	0,5	29
17	126	3,0	21,3	0,5	28
18	160	3,3	33,9	0,9	34
19 .	175	3,8	59,1	1,8	35
20 .	180	4,1	65,7	2,2	39
21 .	184	4,2	54,0	1,9	29
22	138	3,8	38,2	1,2	28
23	123	2,9	29,6	0,7	25

Proband 16: Dicker Hund

1	105	4,0	15,9	0,5	21
2	111	3,9	14,9	0,5	23
3	162	4,4	28,2	1,0	28
4	165	4,6	36,4	1,4	29
5	180	4,2	43,9	1,5	32
6 .	186	4,0	45,6	1,5	35
7 .	182	3,7	48,2	1,5	35
8 .	186	3,9	42,5	1,4	33
9 .	165	3,8	39,6	1,2	33
10 .	168	4,1	59,1	2,0	36
11	147	3,9	46,9	1,5	33
12	126	3,7	30,8	0,9	27
13	123	3,3	25,1	0,7	29

7.3. Durchschnittswerte beim Klettern

(SL = Seillänge; gK = gesamte Kletterzeit)

		f_H 1/min	$\dot{V}_E$ 1/min	$\dot{V}_{O_2}$ 1/min	Af 1/min
Adolf-Niklas-Weg:					
Proband 1	1.SL	141	55,3	2,2	34
	2.SL	159	66,3	2,6	38
	gK	150	60,8	2,4	36
Proband 2	1.SL	150	43,7	1,7	30
	2.SL	146	46,5	1,9	31
	gK	148	45,1	1,8	31
Proband 3	1.SL	130	35,2	1,4	29
	2.SL	135	41,3	1,7	30
	gK	133	38,3	1,6	30
Proband 4	1.SL	172	27,3	1,3	24
	2.SL	168	35,8	1,6	26
	gK	170	31,6	1,5	25
Proband 5	1.SL	167	39,3	1,9	25
	2.SL	173	36,6	1,7	26
	gK	170	38,0	1,8	26
Proband 6	1.SL	184	56,4	2,2	31
	2.SL	190	57,6	2,6	32
	gK	187	57,0	2,4	32
Proband 7	1.SL	162	66,4	3,0	35
	2.SL	159	62,8	2,8	35
	gK	161	64,6	2,9	35
Proband 8	1.SL	158	59,8	1,8	39
	2.SL	161	55,2	1,8	41
	gK	160	57,5	1,8	40
Proband 9	1.SL	156	62,7	2,0	35
	2.SL	160	61,8	1,7	33
	gK	158	62,3	1,9	34
Proband 10	1.SL	161	53,5	1,2	33
	2.SL	157	52,4	1,0	33
	gK	159	53,0	1,1	33
Proband 11	1.SL	160	46,4	2,5	20
	2.SL	154	40,6	1,8	19
	gK	157	43,5	2,2	20

		f_H 1/min	$\dot{V}_E$ 1/min	$\dot{V}_{O_2}$ 1/min	Af 1/min
Proband 12	1.SL	154	62,0	2,2	24
	2.SL	151	58,8	2,1	25
	gK	153	60,4	2,2	25
Proband 13	1.SL	156	31,7	1,4	23
	2.SL	166	25,3	1,0	22
	gK	161	28,5	1,2	23
Proband 14	1.SL	165	51,0	2,4	28
	2.SL	168	53,3	1,4	29
	gK	167	52,2	1,9	29
Proband 15	1.SL	154	37,0	1,5	30
	2.SL	148	36,2	1,6	28
	gK	153	36,6	1,6	29
Proband 16	1.SL	171	59,1	1,4	36
	2.SL	184	58,5	1,5	37
	gK	178	58,8	1,5	37
Schiefer Riß:					
Proband 1	1.SL	144	55,7	2,3	34
	2.SL	131	53,2	2,5	34
	gK	138	54,5	2,4	34
Proband 2	1.SL	155	40,0	1,7	32
	2.SL	162	45,1	1,9	33
	gK	159	42,6	1,8	33
Proband 4	1.SL	182	38,7	1,6	29
	2.SL	179	42,0	1,9	30
	gK	181	40,4	1,8	30
Proband 5	1.SL	174	33,8	1,3	30
	2.SL	173	40,9	1,8	30
	gK	174	37,4	1,6	30
Proband 9	1.SL	158	61,6	2,1	36
	2.SL	162	69,8	2,7	38
	gK	160	65,7	2,4	37
Proband 11	1.SL	163	46,4	2,5	26
	2.SL	169	55,0	2,9	24
	gK	166	50,7	2,7	25

		f_H 1/min	$\dot{V}_E$ 1/min	$\dot{V}_{O_2}$ 1/min	Af 1/min
Proband 13	1.SL	150	28,8	1,5	29
	2.SL	152	35,2	1,8	28
	gK	151	32,0	1,7	29
Proband 14	1.SL	164	36,9	1,6	25
	2.SL	165	50,6	2,2	29
	gK	165	45,1	1,9	27
Proband 15	1.SL	148	29,3	1,3	26
	2.SL	155	40,6	1,8	28
	gK	152	35,0	1,6	27
Proband 16	1.SL	178	53,3	1,8	36
	2.SL	180	59,6	2,0	34
	gK	179	56,5	1,9	35
Dicker Hund:					
Proband 1	gK	142	60,7	1,7	42
Proband 2	gK	176	45,3	1,7	33
Proband 4	gK	187	35,8	1,5	31
Proband 6	gK	186	49,1	2,5	29
Proband 9	gK	156	58,3	2,0	36
Proband 14	gK	182	34,6	1,4	39
Proband 15	gK	155	33,4	1,6	26
Proband 16	gK	177	47,0	1,5	34

8. LITERATURVERZEICHNIS

(1) AIGNER, A., BERGHOLD, F., MUSS, N.: Herz-Kreislauf-Untersuchungen im Hochgebirge bis 7800 m Höhe. Z. Kardiol. 69, 604-610 (1980)

(2) ASANG, E.: Ski-Telemetrie. München: Verlag des TÜV e.V. 1974.

(3) ASTRAND, P.O., RODAHL, K.: Textbook of work physiology. New York: Mc-Graw-Hill 1970.

(4) BAKER, S.J.: An intensive alpine climbing expedition and its influence on some anthropmetric measurements. Br. J. Sports Med. 14, 126-130 (1980)

(5) BAUMGARTNER, P., LACKNER, E.: Präzision und Ökonomie - Klettern auf dem Prüfstand der modernen Sportwissenschaft. In: Deutscher und Östereichischer Alpenverein (Ed.): Alpenvereinsjahrbuch 1980. München, Innsbruck: Rother 1980

(6) BEIER, J.: Die psychophysische Belastung beim Segelfliegen: Kardiopulmonale Regulation und Energieumsatz. Dissertation, Tübingen 1982

(7) BEYER, W.: Anstrengung und Überanstrengung. Der Bergsteiger 37, 697-699 (1970)

(8) BEYER, W.: Wie gesund ist eigentlich Bergsteigen? Der Bergsteiger 40, 64-65 (1973)

(9) BIENER, K., BOESCH, H.: Sportmedizinisches Profil der Alpinisten. Münch. med. Wschr. 123, 508-512 (1981)

(10) BOUHUYS, A.: The physiology of breathing. New York: Grune and Stratton 1977

(11) CERETELLI, P.: Limiting factors to ocycen transport on Mount Everest. J. appl. Physiol. 40, 658-667 (1976)

(12) CIBA-GEIGY-AG (Ed.): Wissenschaftliche Tabellen. 5. Aufl. Basel 1955

(13) CIBA-GEIGY-AG (Ed.): Wissenschaftliche Tabellen. 8. Aufl. Teilband Hämatologie u. Humangenetik. Basel 1979

(14) CLARKE, C., DUFF, J.: Mountain Sickness, retinal haemorrages, and acclimatisation on Mount Everest in 1975. Br. Med. J. 2, 495-497 (1976)

(15) De AK, SINGH, U., SINGH, R.G.: Serum electrolyte changes in mountaineers at various altitudes of expedition. J. Sports Med. Phys. Fitness, 20, 23-28

(16) DEMLING, L., BACHMANN, K. (Ed.): Biotelemetrie. Stuttgart: Thieme 1970

(17) EGER, K.H.: Untersuchungen zur Validität eines tragbaren Lungenfunktionsgerätes. Dissertation, Tübingen 1980

(18) ERBERTSEDER, A.W.: Die Berg- oder Höhenkrankheit. Münch. med. Wschr. 121, 907-910 (1979)

(19) ERBERTSEDER, A.W.: Gesundheit und Bergsteigen. München: Rother 1977

(20) FAULKNER, J.A., KOLIAS, J., FAVOUR, C.B., BUSKIRK, E.R.: Maximum aerobic capacity and running performance at altitude. J. appl. Physiol. 24, 685-691 (1968)

(21) FREUND, H., GENDRY, P.: Lactate kinetics after short strenuous exercise in man. Europ. J. appl. Physiol. 39, 123-135 (1978)

(22) FREY, G., FREY, W.: Kletterführer Schwäbische Alb. Stuttgart: Fink-Kümmerly + Frey Verlag 1981

(23) GAISL, G., KÖNIG, H., PESSENHOFER, H., SCHWABERGER, G.: Die Trainingsoptimierung im Mittel- und Langstreckenlauf mit Hilfe der Bestimmung des aerob-anaeroben Schwellenbereiches. Dtsch. Zschr. f. Sportmed. 31, 131-140 (1980)

(24) GLEISPACH, H., SCHMID, P., PORTA, S.: Metabolische Änderungen beim Sportklettern. Tagungsbericht "Neue Aspekte der Leistungsmedizin" Graz, 1980

(25) GODARD, R.F. (Ed.): The international symposium on the effects of altitude on physical performance. Chicago: The Athletic institute 1967

(26) HACKETT, P.H., RENNIE, D.: Rales, peripheral edema, retinal hemorrhage and acute mountain sickness. Am. J. Med. 67, 214-218 (1979)

(27) HARTMANN, G. (Ed.): Alpiner Hochleistungstest. Eine interdisziplinäre Studie. Bern, Stuttgart, Wien: Verlag Hans Huber 1973

(28) HARTMANN, G.: Fazit eines Tests. Alpinismus 9, 17-19 (1971)

(29) HASENHUETTL, G., HINGHOFER-SZALKAY, H., KENNER, T., PESSENHOFER, H., SCHWABERGER, G.: Die Höhenanpassung. Ergebnisse der Steirischen Karakorum Expedition. Wien. Med. Wochenschr. 127, 102-104 (1977)

(30) HEIPERTZ, W.: Sportmedizin. Stuttgart: Thieme 1972

(31) HELLIGE GmbH: Verschiedene Unterlagen ohne bibliogr. Angaben. Freiburg, 1980

(32) HETTINGER, Th.: Angewandte Ergometrie. Frechen: Bartmann 1970

(33) HIEBELER, T: Alpiner Hochleistungstest. Klettern für die Wissenschaft. Alpinismus 9, 13-16, 41-42 (1971)

(34) HOLLMANN, W. (Ed.): Zentrale Themen der Sportmedizin. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1977

(35) HOLLMANN, W.: Zur Frage der Dauerleistungsfähigkeit. Fortschr. Med. 79, 439-446 (1961)

(36) HOLLMANN, W., HETTINGER, Th.: Sportmedizin - Arbeits- und Trainingsgrundlagen. Stuttgart, New York: Schattauerverlag 1980

(37) HOUSTON, C.S.: Introductory address: Lessons to be learned from high altitude. Postgrad. Med. J. 55, 447-453 (1979)

(38) HUBER, H.: Bergsteigen heute. 4. Aufl. München: Bruckmann 1978

(39) HÜLLEMANN, K.D. (Ed.): Leistungsmedizin. Sportmedizin für Klinik und Praxis. Stuttgart: Thieme 1976

(40) HÜLLEMANN, K.D., LIST, M.: Nutzung des polarographischen Prinzips für telemetrische Sauerstoffbestimmungen. Med. Technik 4, 78-80 (1973)

(41) HUTTEN, H.: Biotelemetrie. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1973

(42) JAEGER, Erich; Elektromedizinische Gerätefabrik: Verschiedene Unterlagen ohne bibliogr. Angaben. Würzburg, 1980

(43) JENNY, E.: Bergsteigen und Gesundheit. Wissenschaftliche Alpenvereinshefte, Heft 27, Innsbruck: Thaurdruck 1981

(44) JESCHKE, D.: Aerobe Kapazität und anaerobe Schwelle bei unterschiedlichen Belastungsmethoden auf dem Fahrradergometer. (im Druck)

(45) JOKL, E., JOKL, P.: Exercise and altitude. New York: Karger 1968

(46) KEUL, J.: Metabolische Anpassung durch Training und ihr Aussagewert für die Leistungsdiagnostik. In: KINDERMANN, W., HORT, W.: Sportmedizin für Breiten- und Leistungssport. Gräfelfing: Demeter-Verlag 1981

(47) KEUL, J., DOLL, E., KEPPLER, D.: Energymetabolism of human muscle. Basel, New York: Karger 1972

(48) KEUL, J., KINDERMANN, W., SIMON, G.: Die aerobe und anaerobe Kapazität als Grundlage für die Leistungsdiagnostik. Leistungssport 8, 22-32 (1978)

(49) KEUL, J., SIMON, G., BERG, A., DICKHUT, H.H., GEORTTLER, I., KÜBEL, R.: Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung. Dtsch. Zschr. f. Sportmed. 30, 212-218 (1979)

(50) KINDERMANN, W., HUBER, G., KEUL, J.: Anaerobe Kapazität bei Kindern und Jugendlichen in Beziehung zum Erwachsenen. Sportarzt und Sportmed. 26, 112-116 (1975)

(51) KINDERMANN, W., KEUL, J.: Anaerobe Energiebereitstellung im Hochleistungssport. Schorndorf: Hoffmann-Verlag 1977

(52) KINDERMANN, W., SIMON, G., KEUL, J.: Dauertraining - Ermittlung der optimalen Trainingsherzfrequenz und Leistungsfähigkeit. Leistungssport 8, 34-39 (1978)

(53) KINDERMANN, W., SIMON, G., KEUL, J.: The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. Europ. J. appl. Physiol. 42, 25-34 (1979)

(54) KÖNIG, W. (Ed.): Klinisch physiologische Untersuchungsmethoden. Stuttgart: Thieme 1972

(55) LENNARTZ Elektronik GmbH: Verschiedene Unterlagen ohne bibliogr. Angaben. Tübingen, 1980

(56) LITTLER, W.A.: Clinical ambulatory monitoring. London: Chapman and Hall 1980

(57) LÖLLGEN, H.: Sport und Atmung. Münch. med. Wschr. 119, 103-112 (1968)

(58) LÖNNE, E., LÖNNE, Chr., FAHRENBERG, J., ROSKAMM, H.: Pulsfrequenzmessungen und EKG-Registrierung bei Autorennen. Sportarzt und Sportmed. 19, 103-112 (1968)

(59) MADER, A., LIESEN, H., HECK, H., PHILIPPI, H., ROST, H., SCHÜRCH, H., HOLLMANN, W.: Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. Sportarzt und Sportmed. 27, 80-112 (1976)

(60) Mc FADDEN, D.M.: High altitude retinopathy. Jama. 245, 581-586 (1981)

(61) MELLEROWICZ, H.: Ergometrie. 2. Aufl. München: Urban & Schwarzenberg 1975

(62) NITSCHE, W.: Ermüdung und Erschöpfung beim Bergsteigen. Med. Monatschr. 30, 117-121 (1976)

(63) PESSENHOFER, H., SCHWABERGER, G., SCHMID, P.: Theoretische Aspekte des aerob-anaeroben Übergangs. Tagungsbericht "Neue Aspekte der Leistungsmedizin" Graz, 1980

(64) PESSENHOFER, H., SCHWABERGER, G., SCHMID, P.: Zur Bestimmung des individuellen aerob-anaeroben Übergangs. Dtsch. Zschr. f. Sportmed. 32, 15-17 (1981)

(65) PINES, A., SLATER, J.D., JOWETT, T.P.: The kidney and aldosterone in acclimatization at altitude. Br. J. Dis. Chest 71, 203-207 (1977)

(66) RAMACCI, Ca., MEINERI, G., MARINI, M.: Rilievi clinico-funzionali sul comportamento dell' apparato cardio-circolatorio nei membri di una spedizione alpinistica di alta quota. Riv. Med. aeronaut. 39, 318-328 (1976)

(67) REICHENBACH, M., LEUTSCHAFT, R.: Telemetrische EKG-Registrierung unter Reit- und Terrainbelastung. Münch. med. Wschr. 110, 1594-1603 (1968)

(68) REINHARD, U., MÜLLER, P.H., SCHMÜLLING, R.M.: Determination of anaerobic threshold by the ventilation equivalent in normal individuals. Respiration 38, 36-42 (1979)

(69) ROHMERT, W., LAURIG, W.: Zusammenhang zwischen Belastungs- und Beanspruchungsparametern bei Fluglotsen in der Flugverkehrskontrolle. Arbeitsmed. Sozialmed. Arbeitshyg. 7, 252-257 (1972)

(70) SACK, P., NOWY, H.: Möglichkeiten der Telemetrie unter den Extrembedingungen des Kletterns. Mat. Med. Nordm. 30, 26-41 (1978)

(71) SALTIN, B., ASTRAND, P.O.: Maximal oxygen uptake in athlets. J. appl. Physiol. 23, 353-358 (1967)

(72) SHI, Z.: Electrokardiogram made on ascending the Mount Qomolangma from 50 m.a.s.l. Sci. Sin. 23, 1316-1325 (1980)

(73) SCHIRMANN, A.: Sportartspezifisches Kraftausdauertraining für Bergsteiger. In: KINDERMANN, W., HORT,W.: Sportmedizin für Breiten- und Leistungssport. Gräfelfing: Demeter-Verlag 1981

(74) SIMON, G., BERG, A., DICKHUTH, H.H., SIMON-ALT, A., KEUL, J.: Bestimmung der anaeroben Schwelle in Abhängigkeit vom Alter und von der Leistungsfähigkeit. Dtsch. Zschr. f. Sportmed. 32, 7-14 (1981)

(75) SIMON, G., HUBER, G., DICKHUTH, H.H., KEUL, J.: Herzfrequenzen und Laktatverhalten von Skilangläufern bei Laufbandergometrie und wettkampfspezifischem Training. Leistungssport 9, 117-120 (1979)

(76) SINDERMANN, F.: Expeditionsarzt bei Bergtouren in Asien. Med. Welt 29, 985-989 (1978)

(77) SMIDT, U., v. NIEDING, G., LÜLLGEN, H.: Methodische Probleme der Atemgasmessung. Biomed. Technik 21, 102-114 (1976)

(78) SCHWABERGER, G., PESSENHOFER, H., SCHMID, P., WOLF, W., GAISL, G., KÖNIG, H.: Vergleichende Untersuchungen zur Methodik der Bestimmung des aerob-anaeroben Übergangs. Tagungsbericht "Neue Aspekte der Leistungsmedizin" Graz, 1980

(79) STEGEMANN, J.: Leistungsphysiologie. Stuttgart: Thieme 1971

(80) WASSERMANN, K., WHIPP, J., KOYAL, N., REAVER, W.L.: Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. J. appl. Physiol. 35, 236-243 (1973)

(81) WEIHE, W.H.: The physiological effects of high altitude. London: Pergamon 1964

(82) WEST, J.B.: Respiratory physiology. London: Blackwell Scientific Publications 1979

(83) WILLIAMS, E.S.: Exercise and altitude. Postgrad. Med. J. 55, 492-494 (1979)

(84) ZHONGYUAN, S.: Comparison of physiological responses to hypoxia at high altitudes between highlanders and lowlanders. Sci. Sin. 22, 1455-1469 (1979)

L E B E N S L A U F

Am 18. März 1957 wurde ich, Eugen Winter, als Sohn des Dr. med. Eugen Winter, Arzt für Allgemeinmedizin und seiner Ehefrau Maria Winter, geb. Beck, in Sigmaringen geboren.

Nach vierjähriger Grundschulzeit besuchte ich das Gymnasium Gammertingen, wo ich am 24. Mai 1975 das Abitur ablegte.

Im Wintersemester 1976 begann ich das Medizinstudium an der Universität Tübingen, welches ich am 22. April 1983 mit dem Dritten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung in Stuttgart beendete.